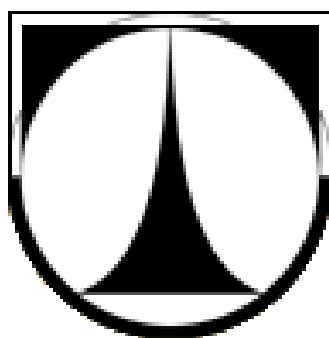


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2012

Bc. Pavlína Ferencová

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3108 Průmyslový management

Studijní obor: 3106T013 Management jakosti

**SORPCE A DESORPCE OPTICKY
ZJASŇUJÍCÍHO PROSTŘEDKU VLÁKENNÝMI
STRUKTURAMI**

**SORPTION AND DESORPTION OPTICAL
BRIGHTENER AGENT BY FIBER
STRUCTURES**

Bc. Pavlína Ferencová

KHT-109

Vedoucí diplomové práce: Ing. Larysa Ocheretna

Rozsah práce:

Počet stran textu... 59

Počet obrázků 32

Počet tabulek 11

Počet grafů..... 0

Počet stran příloh . 10

Zadání bakalářské práce

(vložit originál)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne 7.5. 2012

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěla poděkovat zejména Ing. Laryse Ocheretne za odborné vedení mé diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala doc. Ing. Jakubovi Wienerovi, Ph.D. a Ing. Marošovi Tunákovi, Ph.D., za pomoc při konzultacích mé diplomové práce.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá opticky zjasňujícími prostředky, zejména pak jejich sorpcí a desorpcí vláknennou strukturou. Teoretická část práce zahrnuje rešeršní část a pasáže s teoretickým výkladem studované problematiky. V rešerši jsou popsány důvody (případně zákaz) k použití optických zjasňovačů, a nebezpečnost této úpravy z hlediska ekologie. Následně opticky zjasňující prostředek je podrobně popsán z teoretického hlediska – jeho druhy, způsob aplikace, vlastnosti a jejich hodnocení. Identifikace optických zjasňovačů na textilních útvarech je možná díky jejich fluorescenci pod UV zářením. Popisem tohoto jevu končí část teoretická.

Cílem praktické části diplomové práce je zhodnotit stálosti opticky zjasňujícího prostředku na bavlněné tkanině. Zkoumá se sorpce a desorpce optického zjasňovače, a hodnotí se jeho stálost v potu a na světle.

KLÍČOVÁ SLOVA:

- prací proces;
- opticky zjasňující prostředek;
- sorpce;
- desorpce;
- bělost
- jas;
- remise;
- RGB;
- stálost v potu;
- stálost na světle.

ANNOTATION

This diploma thesis deals with optical brightener agents, particularly with their sorption and desorption by the woven structure. The theoretical part includes search section and sections with a theoretical explanation of the research topic. In the search section there are reasons (or restrictions) for using optical brighteners, and their ecological dangers. What follows is a detailed theoretical description of the optical brightener: its types, ways of application, properties and evaluation. The identification of the optical brighteners on a fabric item is possible due to their fluorescence under UV light. The theoretical part concludes with a description of this phenomenon.

The aim of the practical part is to evaluate the stability of the optical brightener on cotton fabric. It investigates the sorption and desorption of the optical brightener, and it evaluates its stability to perspiration and stability to light.

KEY WORDS:

- washing process;
- optical brightener agents;
- sorption;
- desorption;
- whiteness;
- brightness;
- RGB;
- stability to perspiration;
- stability to light.

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ	10
SEZNAM TABULEK.....	12
ÚVOD	13
1 PRACÍ PROCES.....	14
2 OPTICKY ZJASŇUJÍCÍ PROSTŘEDKY	17
2.1 Absorpce a remise světla	17
2.2 Charakteristika opticky zjasňujících prostředků	19
2.2.1 Definice opticky zjasňujících prostředků.....	20
2.2.2 Rozdělení opticky zjasňujících prostředků	22
2.2.3 Použití opticky zjasňujících prostředků	24
2.2.3.1 Opticky zjasňující prostředky jako ochrana před UV zářením	25
2.2.3.2 Textilních výrobků se zákazem optického zjasňování.	26
2.2.4 Hodnocení opticky zjasněných textilií.....	27
2.2.5 Opticky zjasňující prostředky versus ekologie a zdraví	29
3 APLIKACE OPTICKY ZJASŇUJÍCÍCH PROSTŘEDKŮ NA TEXTILNÍ VLÁKNA	
30	
3.1 Základní bělost versus ideální bělost.....	31
3.2 Barevnost	32
4 FLUORESCENCE.....	34
5 STUDIUM SORPCE, DESORPCE A STÁLOSTÍ OPTICKY ZJASŇUJÍCÍCH	
PROSTŘEDKŮ	36
5.1 Přípravná fáze experimentů	36
5.2 Sorpce opticky zjasňujícího prostředku vláknennou strukturou	39
5.2.1 Kinetika sorpce opticky zjasňujícího prostředku do vláknenné struktury	39
5.2.1.1 Popis experimentu.....	39
5.2.1.2 Vyhodnocení.....	39
5.2.1.2.1 Vyhodnocení RGB a jasu textilie	41
5.2.1.2.2 Vyhodnocení remise a bělosti textilie přístrojem Datacolor.....	43
5.2.2 Vliv teploty prací lázně a doby působení optického zjasňovače na vláknennou	
strukturu.....	46
5.2.2.1 Popis experimentu.....	46
5.2.2.2 Vyhodnocení.....	48
5.2.2.2.1 Vyhodnocení RGB a jasu textilie	49
5.2.2.2.2 Vyhodnocení remise a bělosti přístrojem Datacolor	50

5.3	Desorpce opticky zjasňujícího prostředku	52
5.3.1	Popis experimentu	53
5.3.2	Vyhodnocení	53
5.3.2.1	Vyhodnocení RGB a jasů textilie	54
5.3.2.2	Vyhodnocení remise a bělosti přístrojem Datacolor.....	55
5.4	Stálost opticky zjasňujícího prostředku v potu	57
5.4.1	Popis experimentu	58
5.4.2	Vyhodnocení	59
5.4.2.1	Vyhodnocení RGB a jasů textilie	59
5.4.2.2	Vyhodnocení remise a bělosti přístrojem Datacolor.....	60
5.4.2.3	Vyhodnocení bělosti doprovodných tkanin.....	62
5.5	Stálost opticky zjasňujícího prostředku na světle	64
5.5.1	Popis experimentu	64
5.5.2	Vyhodnocení	65
5.5.2.1	Vyhodnocení RGB a jasů textilie	66
5.5.2.2	Vyhodnocení remise a bělosti textilie přístrojem Datacolor	66
5.6	Kontakt opticky zjasňujícího prostředku s pokožkou.....	68
6	VYHODNOCENÍ A DISKUZE	70
	ZÁVĚR	71
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	72
	Příloha 1 – Algoritmus pro výpočet obrazu RGB a intenzity svícení	76
	Příloha 2 – Remise v závislosti na vlnových délkách měřená zařízením Datacolor	77
	Příloha 3 –Stupeň bělosti textilie W_{cie} měřený přístrojem Datacolor	82

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 - Přeměna UV záření na viditelné světlo při kontaktu s různě upravenými textiliemi	18
Obrázek 2 - Vnímání textilie ošetřené OZP lidským okem	20
Obrázek 3 - Typy odrazů světla v závislosti na úpravě textilie: a) rezná (neošetřená) textilie, b) bělená textilie, c) textilie ošetřena OZP	21
Obrázek 4 - OZP ve formě prášku	22
Obrázek 5 - Chemický vzoreček optického zjasňujícího prostředku pro celulózu vlákna	23
Obrázek 6 - Vojenská uniforma ošetřená v pracím prostředí bez (a) a s přidáním OZP (b)	27
Obrázek 7 - Ideální bělost povrchu	31
Obrázek 8 - Remisní spektra bělené a nebělené textilie a textilie ideálně bílé	32
Obrázek 9 - Spektrum viditelného světla	32
Obrázek 10 – Barevný RGB model mapovaný do krychle	34
Obrázek 11 - Zjednodušený Jablonského diagram	35
Obrázek 12 – Zkoušená neupravená bavlněná tkanina pod UV zářením	37
Obrázek 13 - Zkoušená neupravená bavlněná tkanina na denním světle	38
Obrázek 14 - Přístroj Datacolor 600	41
Obrázek 15 - Změna RGB a jasu textilie v důsledku optického zjasnění při teplotě lázně 40°C (a) a 60°C (b)	43
Obrázek 16 – Remisní křivky textilie před a po optickém zjasňování po dobu 1 hodiny a) praní při teplotě 40 °C; b) praní při 60 °C	45
Obrázek 17 - Stupeň bělosti textilie při optickém zjasňování po dobu 1 hodiny	45
Obrázek 18 – Laboratorní pračka Miele Professional	46

Obrázek 19 - Změna RGB a jasů textilie v důsledku optického zjasnění při teplotě pracích lázní 40°C (a) a 60°C (b)	50
Obrázek 20 – Remisní křivky textilie před a po optickém zjasňování a) praní při teplotě 40 °C; b) praní při 60 °C	51
Obrázek 21 - Stupeň bělosti textilie před a v průběhu optického zjasňování	52
Obrázek 22 - Změna RGB a jasů textilie při desorpci optického zjasňovače při teplotě pracích lázní 40°C (a) a 60°C (b)	55
Obrázek 23 - Remisní křivky textilie po desorpci optického zjasňovače a) praní při teplotě 40 °C; b) praní při 60 °C	56
Obrázek 24 - Stupeň bělosti textilie v průběhu desorpce optického zjasňovače	57
Obrázek 25 - Změna RGB a jasů textilie při zkoušce stálosti v potu optického zjasňovače při teplotě pracích lázní 40°C (a) a 60°C (b)	60
Obrázek 26 - Remisní křivky textilie po zkoušce stálosti optického zjasňovače v potu a) praní při teplotě 40 °C; b) praní při 60 °C	61
Obrázek 27 - Stupeň bělosti textilie v průběhu zkoušky stálosti v potu optického zjasňovače	62
Obrázek 28 – Změna stupně bělosti doprovodných tkanin v průběhu zkoušky stálosti v potu optického zjasňovače	64
Obrázek 29 - Změna RGB a jasů textilie při stálosti na světle optického zjasňovače při teplotě pracích lázní 40°C (a) a 60°C (b)	66
Obrázek 30 - Remisní křivky textilie po zkoušce stálosti optického zjasňovače na světle a) praní při teplotě 40 °C; b) praní při 60 °C	67
Obrázek 31 - Stupeň bělosti textilie v průběhu zkoušky stálosti na světle optického zjasňovače	68
Obrázek 32 - Pokožka ruky po hodinovém kontaktu s textilií ošetřené OZP	69

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Charakteristika viditelného a neviditelného záření	33
Tabulka 2 – Charakteristika zvolené textilie	37
Tabulka 3 - Charakteristika opticky zjasňujícího prostředku Rylux DK	38
Tabulka 4 - Vliv teploty prací lázně na účinek optického zjasňovače během různých časových intervalů	40
Tabulka 5 – Detailní popis algoritmu	42
Tabulka 6 – Charakteristika pracího procesu	47
Tabulka 7 - Vliv teploty prací lázně a počtu pracích cyklů na účinek optického zjasňovače	48
Tabulka 8 – Vliv teploty prací lázně a počtu pracích cyklů na účinek optického zjasňovače	49
Tabulka 9 – Vliv teploty prací lázně a počtu pracích cyklů na desorpci optického zjasňovače	54
Tabulka 10 - Vliv teploty prací lázně a počtu pracích cyklů na desorpci optického zjasňovače	54
Tabulka 11 – Stálost optického zjasňovače v potu na vlákenné struktuře	59
Tabulka 12 - Stálost optického zjasňovače na světle	65

ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá opticky zjasňujícími prostředky, zejména pak jejich stálostí v různých prostředích. V dnešní době jsou znovu čím dál častěji užívány oděvy z přírodních textilních materiálů, jakými jsou například bavlněné tkaniny. Požadavky na bavlněné oděvy jsou stále vysoké. Bavlněný materiál není čistě bílý, proto většina populárních pracích prášků obsahuje opticky zjasňující prostředky (OZP), které mají schopnost dodat ošetřovanému oděvu vysokou bělost. Avšak není známo, jakou má takto získaná bělost trvanlivost v různých situacích.

Diplomová práce je členěna do dvou částí. První část je teoretická, kde je definován prací proces (včetně fyzikálních jevů jakou jsou sorpce, desorpce). Jsou zde detailně popsány opticky zjasňující prostředky, jejich funkce a využití, v poslední řadě je zde popsán princip fluorescence – tento jev, jsou opticky zjasňující prostředky schopny odhalit. Do rešeršní části práce jsou převážně zpracovány zahraniční odborné publikace

V praktické části diplomové práce bylo navrženo několik experimentů. Byla zkoumána sorpce a desorpce opticky zjasňujících prostředků textilií při dvou různých teplotních režimech, dále stálost OZP v potu a na světle. Každý z těchto experimentů byl vyhodnocován zvlášť. Při vyhodnocování se srovnávaly jak samotné fotografie textilie před a po úpravě OZP získané z fluorescenčního mikroskopu, tak i hodnoty RGB získané z obrázků. Dále se posuzovaly grafy remisních křivek a grafy stupně bělosti.

Celá práce se věnuje optickým zjasňujícím prostředkům a jejich stálostem. Nároky na vysokou bělost oděvů v dnešní době jsou vysoké. Udržení si této vlastnosti je nesnadný úkol, proto jsou opticky zjasňující prostředky přidávány téměř do všech detergentů. Je nutné podotknout, že jejich používání není zcela úplně ve shodě s názory ekologických aktivistů, což vyžaduje komplexní prostudování celé problematiky.

Cílem této práce bylo zjistit jak dynamiku sorpce OZP vybranou textilií, tak i desorpci – resp. stálosti opticky zjasňujících prostředků v potu, na světle a při vypírání textilií ošetřené OZP.

1 PRACÍ PROCES

Prací proces je jednou z nejdůležitějších a zároveň nejčastějších procedur v oblasti ošetřování textilií, který ovlivňuje jak kvalitu, tak i estetiku textilních materiálů. Pro praní textilií jsou používány detergenty (prací prostředky). Detergenty obsahují celou řadu různých látek, mezi které se řadí: tenzidy, abraziva, látky měnící hodnotu vodíkového exponentu (pH vody), změkčovače, enzymy, stabilizátory pěnivosti, složky zvyšující nebo snižující viskozitu roztoku, inhibitory koroze, konzervanty. Typickou vlastností detergentů je zejména smáčivost, dále také pěnivost, emulgační a dispergační účinnost. Donedávna hlavním účelem praní bylo odstranění nečistoty z textilie.

V dnešní době je součástí detergentů pro domácí ošetření textilních výrobků i řada dalších složek navíc, které ovlivňují estetické vlastnosti čištěné textilie – tzn. zajišťují bělost (oxidační činidla), jas barvených textilií (optické zjasňovače) nebo i vůni (parfémy) apod.

Prací proces se dá rozčlenit do těchto dílčích procesů:

- smáčení;
- vlastní praní;
- oplachování. [1]

Smáčení a vlastní praní zajišťují tenzidy. Velmi důležitá v této fázi je i konstrukce pracího stroje a spojené s ní působení mechanických faktorů jakými jsou tlak, tření, tah a kroucení. Neméně podstatné jsou pak teplota prací lázně, koncentrace pracího prostředku v lázni, kvalita prací vody, stupeň znečištění textilie, typ nečistoty a pH prací lázně. Tenzid (také saponát) – je povrchově aktivní látka, která se koncentruje ve fázovém rozhraní mezi prací lázní a nečistotou na vláknech. Ve vodném roztoku vytvářejí tenzidy shluky — molekulární micely. Micely atakují nerozpustné nečistoty na vláknech a postupně je přemísťují do prací lázně (nepolární konec tenzidu se naváže na nepolární nečistotu, polární část – na molekulu vody). Koncentrace tenzidů musí být vyšší, než je tzv. kritická micelární koncentrace. Pod hranicí této kritické micelární koncentrace

nedochází ke tvorbě micel a praní se zastaví. Během oplachování dochází k odstranění zbylých nečistot a detergentů z prací lázně a ošetřované textilie. [2]

Prací proces lze členit na praní průmyslové (při technologickém zpracování textilií během textilní výroby) a praní spotřebitelské (běžné praní v domácnostech nebo v prádelnách).

Prací procesy spotřebitelské

Praní v domácnostech je definováno jako praní, ke kterému dochází především v obvyklých domácnostech a také ve velkokapacitních prádelnách. Rozdíl mezi nimi je zejména ve velikostech pracích zařízení např. v objemu pracího bubnu. Praní v domácnostech ošetřuje výhradně hotové textilní výrobky. Při spotřebitelském praní je nutno dodržovat pokyny dané výrobcem na etiketě textilního výrobku, které jsou zobrazeny pomocí tzv. piktogramů. Tyto piktogramy obsahují důležité informace o teplotě prací lázně a způsobech ošetřování.

V prádelnách je naopak nutné dodržovat zejména hygienické nároky kladené na textilní výrobky, jakými jsou např. lůžkoviny nebo nemocniční oděvy. Proto jsou textilie prány při vyšších teplotách 90°C tak, aby byly zbaveny veškerých bakterií a mikroorganismů. Při praní v domácnostech jsou využívány automatické bubnové pračky, které mohou mít horní nebo boční plnění. Mezi oblíbené prací prostředky užívané v domácnostech patří Persil, Ariel, Biomat, Titan, Colon a další. [3]

Výrobci pracích prostředků, za působení reklamních kampaní, velmi ovlivňují zákazníky při výběru pracích prostředků. Zákazníci chtějí takové prostředky, pomocí kterých docílí nejvyšší bělosti svých oděvů. Téměř všechny dnešní populární prací prostředky obsahují optické zjasňující prostředky. Opticky zjasňující prostředky ovlivňují vzhled ošetřovaného materiálu, naopak aviváže ovlivňují omak materiálu. Ne všechny chemikálie však zmizí po pracím procesu.

Opticky zjasňující prostředky a aviváž vykonávají svou práci tím, že zůstávají na textiliích i po procesu sušení. Poté co jsou textilie vyprány v detergentech obsahujících opticky zjasňující prostředky, se molekuly OZP naváží na vlákno a při denním světle obsahujícím UV složku „rozzář“ textilií. V místnosti osvětlené pouze ultrafialovým

záření jsou textilie ošetřené OZP nepřehlédnutelné. Více o opticky zjasňujících prostředcích - v kapitole 2.

Opticky zjasňující prostředky pro prací prášky

Většina produkovaných OZP je použita do pracích prostředků. Pro bavlněné materiály se do pracích prášků přidávají prostředky obchodního značení Rulux PRS, BA, DK a BS, případně jejich kapalná forma. Dále se do pracích prášků přidávají také OZP jiných typů, jako kumarinové deriváty (Rylux VPA, VPT, apod.) nebo deriváty pyrazolinu, které mají afinitu k polyamidu, polyesteru a k dalším materiálům. [4]

Určení vhodného OZP pro prací prášky je závislé na kvantitě, typu detergentů a dalších přísad, které jsou nutné pro výrobu pracího prášku. OZP musí také mít přijatelnou konzistenci pro dávkování do pracích přípravků, tzn. nesmí prášit. Od vhodného OZP se také očekává, že bude zjasňovat jak ošetřený materiál tak prací přípravek.

Rychlost rozpuštění OZP v roztoku závisí na teplotě lázně, míchání a poměru ošetřované textilie k velikosti lázně. Jelikož při praní v domácích podmínkách nedochází k odbornému třídění jednotlivých materiálů, mělo by být v pracím prostředku použito několik druhů OZP, aby bylo docíleno požadovaného efektu. [4]

Prací procesy průmyslové

V průmyslu je praní rozděleno na praní mezioperační a finální. Dále je průmyslové praní členěno dle konstrukce pracích strojů a dle druhu plošných textilií. Mezi průmyslové prací stroje patří:

- bubnové prací stroje;
- válcové prací stroje;
- šířkové kontinuální prací stroje (s vertikálním, horizontálním vedením textilie);
- provazcové prací stroje. [5]

V zušlechťování zastává prací proces jednu z nejdůležitějších funkcí. Tímto procesem prochází textilie z přírodních vláken, ze syntetických, chemických vláken a ze směsí.

Prací proces jako součást předúpravy nastává zejména po barvení, tisku, a také po finálních úpravách. Princip praní spočívá nejen v odstranění nečistot, ale také ve vytvoření hlavních rysů upravených materiálů.

2 OPTICKY ZJASŇUJÍCÍ PROSTŘEDKY

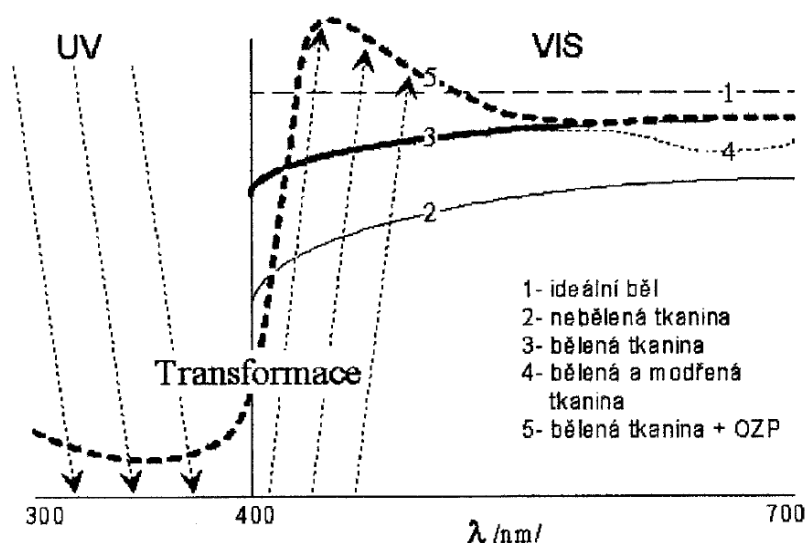
Ke zjasnění textilií dochází během pracích procesů, kdy jsou OZP přidávány do prací lázně, buď zvlášť nebo jsou již obsaženy v detergentech.

2.1 Absorpce a remise světla

Světelné záření mění své charakteristické vlastnosti při dopadu na povrch materiálu. Dochází zde ke změně spektrální charakteristiky, směru šíření a k obměně intenzity světelného záření.

Absorpce světa je definována jako pohlcení světla při průchodu. Remise naopak jako odraz světla. Remise je také reflexní vlastností povrchu, která ovlivňuje výsledný barevný vjem.

Na Obrázku 1 je zachycena proměna neviditelného UV světla na viditelné a to v důsledku kontaktu s povrchem textilie rezné (nebělené), bělené a modřené, textilie s ideální bělostí nebo textilie bělené a ošetřené OZP. Z obrázku je patrné, že remisní křivka znázorňuje závislost množství odraženého světla na vlnové délce. Absorpční křivka vyjadřuje závislost množství absorbovaného světla na vlnové délce. [6, 7]



Obrázek 1 - Přeměna UV záření na viditelné světlo při kontaktu s různě upravenými textiliemi [7]

K takovéto přeměně dochází poté, co molekula barviva v důsledku adsorpce fotonu přejde na vyšší energetickou úroveň a dostane se do takzvaného excitovaného stavu. Excitované molekuly se po velice krátké době (10^{-9} s) vrátí zpět do původní energetické roviny a pohlcují další světelné záření. Tento úkaz je označován jako fluorescence. Při návratu excitovaných molekul do původního energetického stavu dochází k vyzáření uvolněné energie (viz kapitola 4). [8]

Výstupní efekt bělosti nebo jasů opticky zjasněného textilního materiálu se tím pádem stanovuje součtem emise a remise. Remise se v tomto případě určuje jako poměr mezi množstvím světla odraženého od povrchu textilie a množstvím světla odraženého ideálně bílou rovinou.

Jako standard se užívá deska z oxidu hořečnatého (MgO). Tato deska odráží dopadající světelné paprsky všech vlnových délek. Remise je definována v procentech. Sto procentní remise znamená odraz paprsků standardem. Opticky zjasňující prostředky, které jsou použity na textiliích, se liší stupněm emise v modrofialové části spektra. [8]

2.2 Charakteristika opticky zjasňujících prostředků

Opticky zjasňující prostředky jsou bezbarvé nebo jemně zabarvené organické sloučeniny, které se využívají v řadě průmyslových odvětví, jakými jsou např. textilní průmysl, papírenský průmysl, fotografický průmysl a kožedělný průmysl. Tyto organické sloučeniny mají schopnost přijmout UV záření a zpět emitovat modré viditelné záření. V podstatě je optické zjasňování barvicí technika. [9]

Jak je uvedeno ve zdroji [4] „Výroba a použití opticky zjasňujících prostředků“ základy opticky zjasňujících prostředků (OZP) byly položeny v roce 1852 irským matematikem a fyzikem Georgem Gabrielem Stokesem, který dokázal, že při absorpci světla určité látky vyzařují intenzivní záření bez jakýchkoliv chemických změn v jejich molekule. Tento jev byl nazván jako fotoluminiscence neboli fluorescence. Princip fluorescence je vysvětlen později v kapitole 4.

První syntetický zjasňující prostředek byl vynalezen v roce 1934 v anglické firmě Imperial Chemical Industries. V roce 1942 byly švýcarskou firmou Ciba představeny opticky zjasňující prostředky pro bavlnu a polyamid. Po roce 1955 pronikly také OZP do ČSSR. [4]

Opticky zjasňující prostředky se využívají v řadě odvětví:

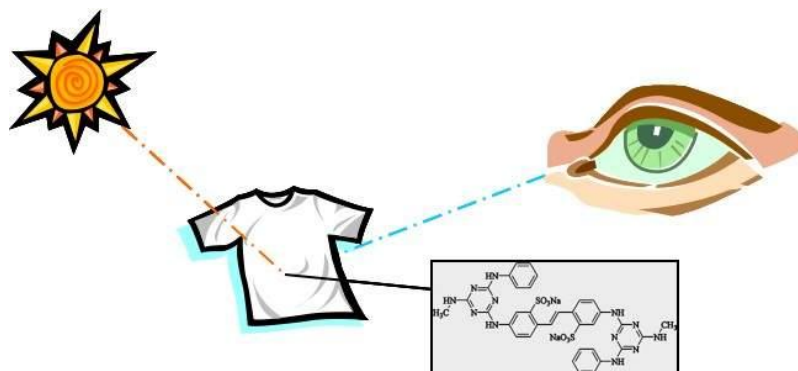
- 25% z celkové produkce – v textilním průmyslu;
- 30 % - v papírenském průmyslu a při výrobě plastů;
- 40% - při výrobě čisticích prostředků. [10]

Nejpoužívanějšími OZP pro textilní průmysl jsou např. Rylux, Uvitex, Blankophor, Leucophor a Calcofluor. Přírodní textilní materiály jako bavlna, vlna, len, hedvábí a také textilní materiály syntetického polymeru např. polyester, polyamid nejsou přirozeně bílé. Jejich přírodní barva má většinou jemně nažloutlý odstín. Nažloutlý odstín textilních útvarů lze zmírnit nebo zcela odstranit několika způsoby:

- bělením na slunci;
- chemickým bělením tzv. „modřením“;
- pomocí opticky zjasňujících prostředků. [11]

2.2.1 Definice opticky zjasňujících prostředků

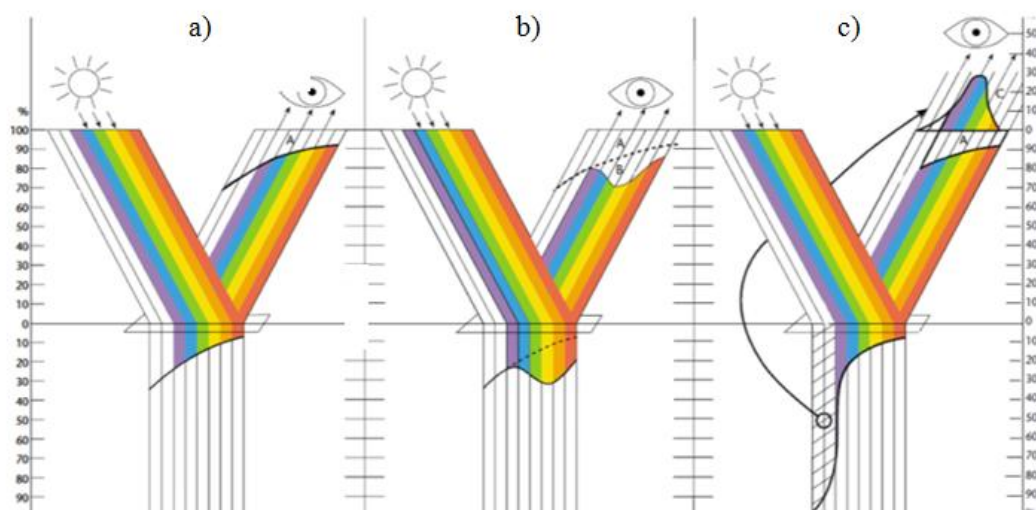
Opticky zjasňující prostředky jsou fluorescenční bílá barviva, která absorbují pro lidské oko neviditelné ultrafialové záření ($\lambda = 340 - 370 \text{ nm}$). Toto UV záření dále přeměňují na viditelné modro-fialové světlo o vlnových délkách ($\lambda = 420 - 470 \text{ nm}$). Tato vlastnost OZP zabraňuje žloutnutí, které je způsobeno nečistotami a přírodními pigmenty textilních materiálů. Opticky zjasňující prostředky tedy vytvářejí na textilních materiálech zjasňující efekt. Konečný optický efekt je závislý na množství UV záření v dopadajícím světle. Níže na Obrázku 2 je znázorněno vnímání vybělené textilie lidským okem. Lidské oko je nejvnímavější právě v modrofialové oblasti světelného spektra, proto se textilie vybělená pomocí OZP jeví daleko bělejší než textilie neošetřená.



Obrázek 2 – Vnímání textilie ošetřené OZP lidským okem [25]

Textilie za slunečního počasí díky OZP vyzařuje modré světlo, které se jeví jako daleko bělejší, ačkoliv pro lidské oko je neviditelné. [6, 11]

Na Obrázku 3 je zachycen odraz světla povrchem rezné (neošetřené) textilie, textilie bělené (modřené) a textilie ošetřené OZP. Jak je patrné z Obr. 3a) neošetřená textilie pohlcuje záření, zejména modrého, viditelného spektra. Znovu vyzařované záření se jeví jako nažloutlé kvůli nedostatku modré složky světla, která byla z velké části absorbována (říká se tomu taky „modrý defekt“). Absorpce modré složky světla je způsobena především přítomností nečistot na textili.



Obrázek 3 - Typy odrazů světla v závislosti na úpravě textilie: a) rezná (neošetřená) textilie, b) bělená textilie, c) textilie ošetřena OUP [26]

Pro srovnání na Obr. 3b) je zobrazeno odrazení světla textilií, které obsahuje modré barvivo, a tím kompenzuje tzv. „modrý defekt“ způsobený absorpcí modrého záření. Materiál se jeví více bílý, kvůli relativně vyšší emisi modrého záření. Z obrázku je patrné, že celkové množství odraženého záření klesá. Lidské oko je schopno vidět vyšší bělost textilie, protože nažloutlý odstín byl nahrazen modrým barvivem. Ovšem použití modrých barviv v kombinaci s původní nažloutlostí textilního materiálu způsobují pokles jasu textilie.

Na Obrázku 3c) je vidět sluneční záření, které dopadá na opticky zjasněnou textilií. Neviditelné ultrafialové záření je pomocí OUP přeměněno na záření viditelné. Dochází k emitování více záření, díky kterému se zvyšuje jas textilního materiálu. [12, 13]

Efekt, dosažený aplikací opticky zjasňujících prostředků, závisí nejen na jejich chemické podstatě a použitém množství, ale také do značné míry na bázi bílého podkladu textilie (základní bělosti), která je OUP ošetřována. Použití OUP na textilií s intenzivnější základovou bílou barvou materiálu má za výsledek zářivější a výraznější barevnost. Naopak uspokojujivé účinky není možné získat na „chudé“ bílé základové barvě a to ani při zvýšení množství OUP. Nízká bělost základní barvy textilního materiálu snižuje odrazivost dopadajícího světla a také snižuje intenzitu fluorescence.

2.2.2 Rozdělení opticky zjasňujících prostředků

Opticky zjasňující prostředky mohou být děleny podle několika kritérií:

- dle aplikace (přímé, disperzní);
- dle druhu materiálu, kterému je OZP určeno (pro vlákna celulósová, keratinová, polyamidová, polyesterová);
- dle skupenství (v podobě pasty, prášku, kapalné formě) – viz Obrázek 4;
- dle chemické struktury.

Přímé neboli substantivní OZP jsou takové prostředky, které jsou rozpustné ve vodě. Nejčastěji se užívají ke zjasňování vláknenných materiálů přírodního původu, mimořádně pak k zjasnění syntetických materiálů. [14]

Kromě přímých jsou také kyselé, bazické či disperzní typy OZP a používají se podle toho, pro jaký druh vláken jsou určeny.

Disperzní OZP ve vodě rozpustné nejsou a tak se používají obdobně jako disperzní barviva na kolorovaný materiál z vodné disperze nebo se užívají k barvení ve hmotě. Aplikují se především na textilní materiály syntetické např. polyamid, polyester, polyakrylonitril apod. [4]



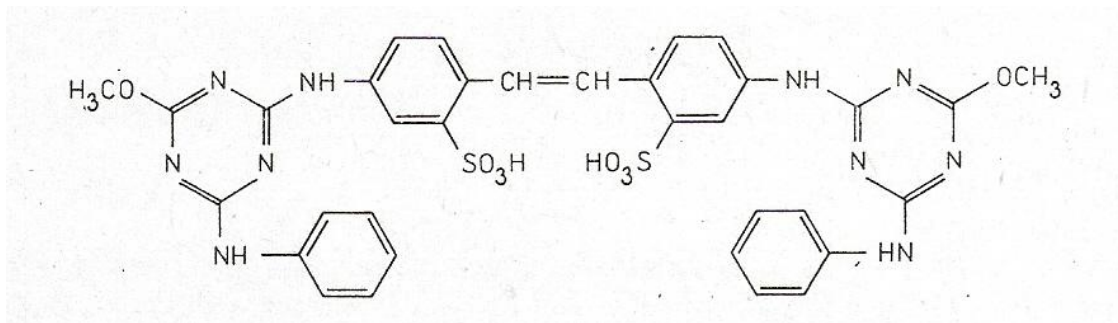
Obrázek 4 - OZP ve formě prášku [26]

S ohledem na různé chemické složení vláken se používají OZP na bázi derivatů:

- stilbenu;
- kumarinu;
- 1,3 – difenylpyrazolinu;
- naftalendikarboxylových kyselin;
- heterocyklických dikarboxylových kyselin;
- kyseliny skořicové.

Například stilbenové deriváty se používají nejčastěji pro celulóзовá a polyamidová vlákna. Kumarinové deriváty jsou určeny jak pro polyamidová vlákna, tak i pro vlnu. Na polyamidová vlákna se navíc používají pyrazolinové a karbostyrolové deriváty. Imidazolové deriváty se aplikují na polyakrilonitrilová vlákna.

Chemická podstata optického zjasňujícího prostředku určeného pro celulóзовá vlákna je patrná z Obrázku 5. Jedná se o OZP z řady stilbentriazinů. [8]



Obrázek 5 - Chemický vzoreček optického zjasňujícího prostředku pro celulóзовá vlákna [3]

Dále se OZP dělí do 8 skupin dle jejich afinity k vlákenným útvarům:

- a) Typ I. – zde se řadí OZP s vysokou afinitou. Tyto OZP neovlivňuje teplota ani obsah elektrolytů, jsou rozpustné ve vodě a mají vysoký zjasňující efekt na celulóзовé materiály, papír, viskózu, polyamid apod. Využívají se hlavně v textilním a papírenském odvětví při produkci přísad do pracích prášků. Nejčastěji se využívají při vytahovacích aplikacích, méně však již při

kontinuálních. Nejsou vhodné pro stálé úpravy a vůbec nevyhovují při zesíťování celulóзовých materiálů.

- b) Typ II. – k celulóze, viskóze, papíru, živočišným materiálům a polyamidu mají střední afinitu málo závislou na teplotě a vysoce závislou na obsahu elektrolytů v lázni. Jsou dobře rozpustné ve vodě. Jsou vhodné pro kontinuální aplikaci, trvalé úpravy, naopak nejsou doporučovány k úpravám zesíťování.
- c) Typ III. – se zvyšující se teplotou lázně afinita těchto OZP klesá a je méně závislá na obsahu elektrolytů. Používají se při kontinuálních aplikacích.
- d) Typ IV. – OZP tohoto typu se používají na papír.
- e) Typ V. – se vyznačuje střední afinitou. OZP jsou nebo nejsou rozpustné ve vodě. Vysoce účinné jsou na polyamid, živočišné materiály, acetát celulózy, triacetát celulózy a polyakrylonitril. V textilním průmyslu se uplatňují při výrobě pracích prostředků.
- f) Typ VI. – používají se při kontinuálních aplikacích, mají dobrou afinitu k vláknu při teplotě lázně 190 - 200° C a jsou velice odolné na světle.
- g) Typ VII. – zde patří OZP pro zjasňování polyamidových vláken ve hmotě.
- h) Typ VIII. – tyto OZP se používají k zjasnění polypropylenu, polyesteru a polyamidu ve hmotě. [4, 15]

2.2.3 Použití opticky zjasňujících prostředků

Hlavní použití opticky zjasňujících prostředků je bělení a zjasnění textilních materiálů.

Použití OZP je obdobné barvicím procesům. Je proto velmi důležitá doba trvání lázně, teplota vody, pH vodní lázně, obsah soli, přítomnost elektrolytu, ale i koncentrace OZP apod. U textilií ošetřených OZP se následně hodnotí vlastnosti, jako jsou stálosti, egální natažení¹, odolnost při tepelném zpracování atd. [11]

Optické zjasňování se většinou neprovádí jako samostatný proces. Optické zjasňování bývá součástí finálních úprav textilií a to zejména součástí bělení, popř. určité samostatné úpravy.

¹ Egální natažení znamená rovnoměrné vybarvení na textilií.

Nejdůležitějším činitelem při aplikaci OZP je jeho koncentrace. Pokud by koncentrace OZP byla nepřiměřeně vysoká, výsledná bělost textilního materiálu bude snížena. OZP se mohou aplikovat jak na délkové textilní útvary, tak i na plošné.

Nejdůležitější vlastností je rozmístění OZP na textilním materiálu. Maximálního účinku je dosaženo při fixaci OZP na povrchu textilního útvaru. Pokud se OZP dostane do vnitřní struktury, jas OZP bude nižší. Pokud je OZP nesprávně rozmístěno a vyskytují se na povrchu vláken v podobě velkých částic, může dojít k „zezelenání“ materiálu. A tudíž bělosti nebude docíleno.

Opticky zjasňující prostředky mohou být aplikovány na textilní útvary několika způsoby:

- diskontinuálně – OZP využívají přirozenou afinitu, a tudíž v lázni přilnou k povrchu vláken;
- kontinuálně – s využitím naklocování (nanášení vodného roztoku s přísadami na textilní materiál) a zjasňování;
- polokontinuálně – využití naklocování a zjasňování. [10, 16]

Textilní smáčecí pomocné přípravky, jakými jsou např. dispergační, emulgační, egalizační přípravky, podporují dokonalou penetraci opticky zjasňujícího prostředku do vlákna a čistotu bílého odstínu. Tyto přípravky jsou velmi důležité zejména při klocovacích postupech pro polyamidové a celulózyvé materiály. [17]

2.2.3.1 Opticky zjasňující prostředky jako ochrana před UV zářením

Kromě přidání bělosti textilií nebo zvýraznění barevného odstínu opticky zjasňující prostředky slouží také jako ochrana před škodlivým ultrafialovým zářením. Podle výzkumu Arizona Agricultural Experiment Station Research Report [18] bylo zjištěno, že oděvy mohou snížit množství slunečního záření, dopadajícího na pokožku lidského těla až o jednu pětinu.

Dále bylo prokázáno, že oděvy s UV ochranou mají větší účinnost než opalovací krémy. Tyto ochranné oděvy jsou ošetřeny opticky zjasňujícími prostředky, které absorbují ultrafialové záření. Zda je oděv vhodný k ochraně před ultrafialovým zářením se prokazuje pomocí UPF (ultrafiolet protection factor), který je ekvivalentem slunečního

ochranného faktoru SPF (sun protection factor). Ochranné oděvy musí mít UPF (ultrafialový ochranný faktor) minimálně 15.

- UPF 40 – vynikající ochrana;
- UPF 50 – propustnost cca 2 % UV záření;
- UPF 25 – propustnost cca 4 % UV záření;
- UPF 15 – propustnost cca 7 % UV záření.

Každá tkanina je tvořena vazbou. Mezi jednotlivými přízemi se nachází póry, kterými záření prochází. Profesorka Kathryn Hatch uvedla, že pokud bude bavlněná textilie desetkrát vyprána s přídavkem OZP, bude mít UPF právě 15, tzn. 7 % propustnost ultrafialového záření. Výrobci ochranných oděvů požadují, aby oděvy měly UPF co nejvyšší. [18, 19]

2.2.3.2 Textilní výrobky se zákazem optického zjasňování.

Při ošetřování některých druhů textilií mohou být OZP nežádoucí. Oděvy obsahující opticky zjasňující prostředky odráží ultrafialové paprsky. Toto záření je neviditelné pro člověka, avšak viditelné pro zvěř. Z těchto důvodů se americká firma Atsko Inc. začala zabývat výrobou a vývojem oděvů pro myslivce a lovce bez opticky zjasňujících prostředků. [19, 21]

Mezi další takovéto textilie patří zejména vojenské uniformy. Je velice důležité, aby vojenské uniformy nebyly v ultrafialovém spektru viditelné. Kvůli bezpečnosti vojáků se uniformy musí ošetřovat detergenty bez přidaných optických zjasňovačů. Seznam bezpečných detergentů pro ošetřování vojenských uniforem byl zveřejněn v periodiku Army Times na stránkách The Patriette.

Mezi bezpečné detergenty patří například Sport – Wash, Woolite aj. Rozdíl uniforem ošetřených v různých detergitech je znázorněn na Obrázku 6. [21]



Obrázek 6 - Vojenská uniforma ošetřena v pracím prostředku bez (a) a s přidáním OZP (b) [21]

Uniforma na Obrázku 6a) byla ošetřena pracím prostředkem bez OZP, naopak uniforma na obrázku 6b) pracím prostředkem s přidáním OZP. Poté byly uniformy umístěny pod UV lampu. Jak je patrné, textilie opticky zjasněná při působení UV záření vykazovala výraznou fluorescenci. Jak je zřejmé z této kapitoly výskyt OZP na povrchu textilního výrobků v určitých aplikacích je velmi nežádoucí, dokonce zakázaný. [21]

2.2.4 Hodnocení opticky zjasněných textilií

Jak již bylo nastíněno v kapitole 2.2.2., účinek opticky zjasňujících prostředků je hodnocen stejným způsobem, jako v případě barvení. Místo barevného odstínu v případě OZP se posuzuje jeho koncentrace neboli výskyt na povrchu textilie. Koncentrace OZP se stanovuje subjektivně. - tzn. porovnávají se vzorky textilie ošetřené OZP pod denním nebo ultrafialovým zářením nebo spektrofotometricky. [4]

Dále pomocí tzv. bílé stupnice se vizuálně určuje úroveň bělosti a odstínu opticky zjasněného vzorku. Podle této stupnice se určuje tzv. maximální efekt. Maximální efekt je taková koncentrace OZP, která vytváří zjasnění o optimální fluorescenci. Pokud je tato koncentrace překročena, koncentrace fluorescence bude nižší.

Určení stálosti OZP je problematické a zkušební postupy jsou nejednotné. Velmi často je využíván číselný způsob hodnocení. Stálost OZP na textilním materiálu se určuje dle norem pro určení stálosti barviva. Stálost OZP na světle se stanovuje dle modré stupnice. Maximální efekt pro bavlněné materiály pro OZP typu stilbenu má stálost na světle 3. [4]

Stálost opticky zjasňujících prostředků v potu

Dle normy (ČSN 80 0165) se vedle sebe stanovuje stálost v potu kyselém a v potu alkalickém. Stálost se může po zkoušce hodnotit buď pomocí tzv. bílé stupnice nebo pomocí zařízení Datacolor. Stálost vybarvení při vlivu kyselého nebo alkalického prostředí závisí na rychlosti desorpce barviva nebo OZP z vlákna. Desorpce barviva (OZP) je nepřímo úměrná síle vzájemného působení barviva s polymerem vlákna a velikosti molekul barviva. [6]

Stálost opticky zjasňujících prostředků na slunci

Světlostálost je významnou vlastností. Světlo je definováno jako elektromagnetické vlnění, které je charakterizováno vlnovou délkou a intenzitou dopadajícího světla. V některých případech je stálost na světle nejdůležitějším faktorem (záclonoviny, venkovní markýzy). Stálost vybarvení na světle závisí na odolnosti molekuly barviva (OZP) vůči ultrafialovému záření a také vysokým teplotám. Reakce způsobené vystavením textilie slunečnímu záření jsou doprovázeny barevnými změnami např. poklesem intenzity odstínu. Zde je sledováno, jak textilie odolává slunečním paprskům. [6]

Jak je uvedeno ve zdroji [11] „Chemistry of optical brighteners and uses in textile industries“, vlastnosti opticky zjasňujících prostředků mohou být hodnoceny subjektivně a objektivně. U textilií ošetřených OZP se hlavně posuzuje:

- a) bělost a jas – bělost vyjadřuje stupeň běli textilie, jas je vyjádřen svítivostí plochy světelného zdroje a průměru této plochy do roviny kolmé k ose, na které je jas měřen;
- b) stálost na slunci – hodnocena je stálost barvy, jasů a bělosti na slunečním záření;

- c) trvanlivost v praní – je dána změnami bělosti a jasů po různém počtu pracích cyklů;
 - d) metamerický efekt – jev, kdy se dvě textilie za určitých podmínek jeví lidskému oku jako stejné. Při změně podmínek je docíleno rozlišného barevného vjemu.
- [7]

Celkový bělicí efekt OZP závisí na:

- účinnosti optického zjasňujícího prostředku;
- spektrálních absorpčních a emisních charakteristikách;
- ultrafialovém obsahu světla;
- vlastní barvě textilního materiálu;
- koncentraci OZP;
- fyzické formě bělidla na textili. [15]

2.2.5 Opticky zjasňující prostředky versus ekologie a zdraví

V důsledku ať už průmyslových nebo domácích pracích procesů z prací lázně do odpadních vod může být odvedeno 20–95% OZP.

Optické zjasňující prostředky obsahují chemikálie, které mohou být toxické pro ryby a jiné živočišné i rostlinné druhy žijící ve vodě. Bylo také prokázáno, že mohou být příčinou mutace některých bakterií.

Opticky zjasňující prostředky jsou obtížně biologicky rozložitelné, tudíž znečištění v odpadní vodě zůstává po dlouhou dobu. OZP také negativně ovlivňují kvalitu vody a život v ní. Množství opticky zjasňujících prostředků, které se při pracím procesu uvolní do odpadních vod je závislé především na typu OZP, teplotě prací lázně, typu vláken a kompozici pracího prášku. [23, 24]

Prací prostředky mohou způsobovat kožní vyrážky. Tyto vyrážky nezpůsobují aviváže nebo vůně, ale právě opticky zjasňující prostředky. Je tedy doporučováno, aby jedinci s citlivou pokožkou vybírali prací prášky bez přísad OZP. Dosud nebylo prokázáno ani vyvráceno, že opticky zjasňující prostředky trvale poškozují zdraví člověka.

Zatím není dostatek údajů o tom, zda jsou OZP bezpečné z hlediska dlouhodobého užívání. [24]

„Reach“ je nové nařízení Evropské unie, které usiluje o zlepšení lidského zdraví a životního prostředí prostřednictvím hlubšího a včas provedeného studia vlivu chemických látek na člověka a okolní prostředí. Reach obsahuje ustanovení o snížení používání velkého objemu chemických látek – vykřičníky jsou u chemických látek, které se ročně vyrobí/dovezou v hodnotě nad 1 milion liber. [25]

3 APLIKACE OPTICKY ZJASŇUJÍCÍCH PROSTŘEDKŮ NA TEXTILNÍ VLÁKNA

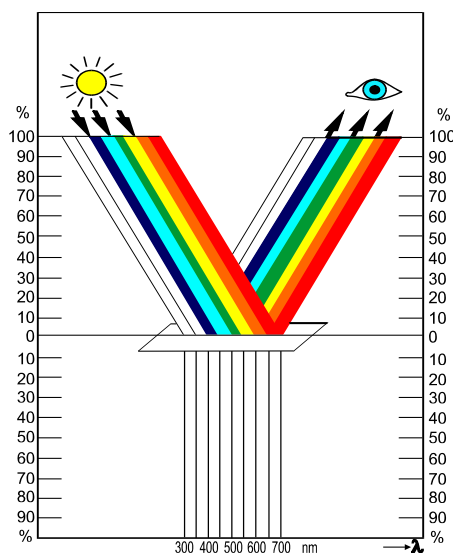
Zvyšování jasů bavlněných textilií je z fyzikálního hlediska řízeno vnitřní strukturou vláken. Vnitřní struktura, ať už vlákna přírodního původu nebo syntetického, je složena z amorfních a krystalických oblastí. Krystalické oblasti zajišťují mechanické vlastnosti vláken, podíl amorfních oblastí určuje jejich sorpční vlastnosti. Amorfní oblasti mají velikost pórů 1,5 – 3 nm a mohou přijímat opticky zjasňující prostředky. Jak uvádí Miloš Zahradník v [4] „Výroba a použití opticky zjasňujících prostředků“, afinita barviva nebo OZP k vláknům je definována třemi teoriemi.

- 1) Teorie vodíkové vazby – OZP musí mít podélnou, aromatickou, konjugovanou a planární molekulu. Spojení mezi OZP a vláknem je tvořeno vodíkovými vazbami.
- 2) Teorie vazby podle van der Waalsových sil – vazba je vytvořena interakcí dipólů molekuly OZP a celulózy. Síla vazby je závislá na počtu konjugovaných dvojných vazeb v barvivu a na poloze a pohyblivosti elektronového oblaku v molekule.
- 3) Agregační teorie – barvivo nebo OZP se dostává do vlákna v monomolekulárním stavu, poté agreguje a vzniká zde objemnější forma, která se již nedostane z vlákna. [4]

3.1 Základní bělost versus ideální bělost

Základní bílá barva textilního materiálu je tzv. jeho vnitřní barva a má velký vliv na mnoho následných finálních procesů. Je třeba zdůraznit, že opticky zjasňující prostředky dnes mají vysokou úroveň kvality, musí však být správně zvoleny a opatrně používány. Pokud jsou v konečné bělosti textilií značné rozdíly, může za to právě vnitřní (základní) bělost textilního materiálu. Základní bělost textilního materiálu má velmi výrazný vliv na fluorescenci opticky zjasňujících prostředků. Čím vyšší je úroveň základní bělosti ošetřovaného materiálu, tím bude stupeň fluorescence vyšší, jelikož materiál absorbuje méně světla. Rozdíly v základní bělosti jsou způsobeny především samotným materiálem (typem a jakostí vláken) a volbou procentuálního složení směsí. [26]

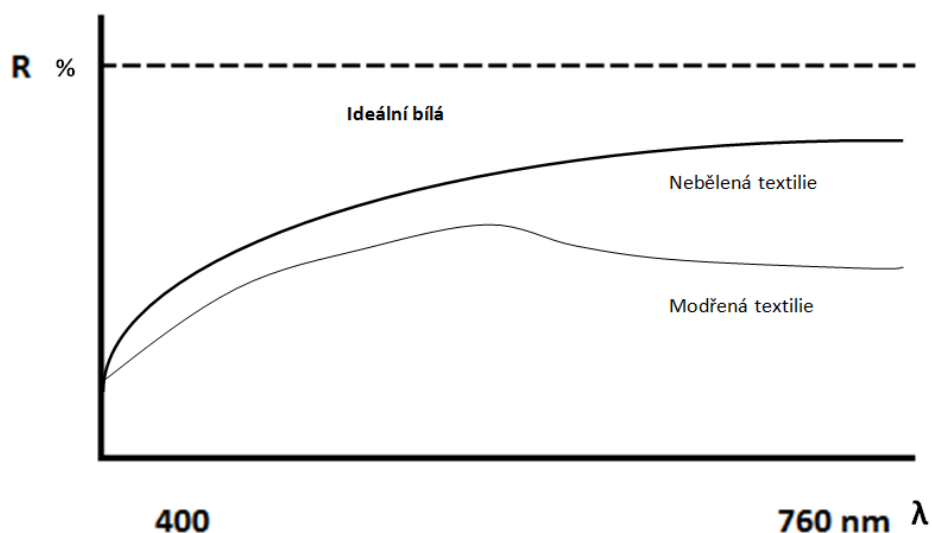
Z fyzikálního hlediska pojem ideální bělost znamená, že materiál vyzařuje veškeré dopadající světlo (100% odrazivost). K remisi dochází rovnoměrně v rámci celého spektra (odraz jako od zrcadla). Podklad neabsorbuje žádné světlo, nedochází k žádné změně složení světla v rámci celého spektra (viz Obrázek 7).



Obrázek 7 - Ideální bělost povrchu [26]

Odraz světla závisí na povrchu vláken. Hladká polyesterová nebo polyamidová vlákna odrážejí světlo jinak než vlákna bavlněná. Struktura tkaniny má také přímý vliv na

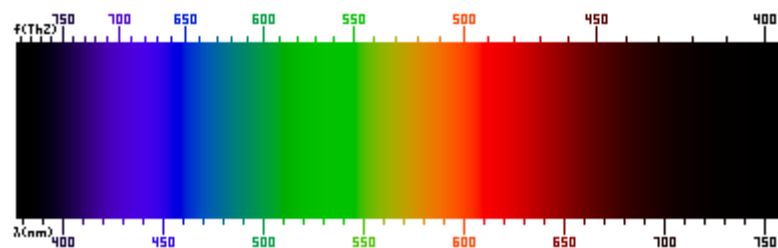
odrazivost světla, např. u hladkých tkanin dochází k odrazu světla snadněji než u tkanin s rustikálním povrchem. Na Obrázku 8 jsou zobrazena remisní spektra nebělené a modřené textilie vzhledem k ideálně bílé barvě. Na ose x jsou vyneseny vlnové délky λ a na ose y - stupeň remise R . [3]



Obrázek 8 - Remisní spektra bělené a nebělené textilie a textilie ideálně bílé [3]

3.2 Barevnost

Při použití opticky zjasňujících prostředků na barevné textilie dochází ke zvýšení jasu barev. Barevnost předmětu, vnímána lidským okem, je dána podílem světla pohlceného a odraženého. Spektrum viditelného světla je zobrazeno na Obrázku 9, kde je charakterizováno jak vlnovými délkami λ , tak frekvencí záření f .



Obrázek 9 - Spektrum viditelného světla [21]

Součástí slunečního záření je záření ultrafialové (UV), viditelné a infračervené (IR). Charakteristiky těchto typu záření jsou v Tabulce 1. Je zde charakterizováno vnímání určitých vlnových délek záření lidským okem, a to z hlediska jejich viditelnosti a barevnosti. [17]

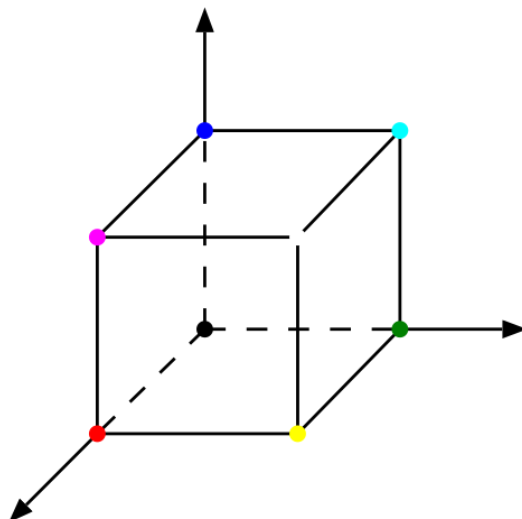
Tabulka 1 - Charakteristika viditelného a neviditelného záření [3]

Vlnová délka λ [nm]	Viditelnost	Oblast světelného spektra
do 400	Ne	ultrafialová
400 - 424	Ano	fialová
424 - 492	Ano	modrá
492 - 565	Ano	zelená
565 - 585	Ano	žlutá
585 - 647	Ano	oranžová
647 - 760	Ano	červená
nad 760	Ne	infračervená

Stálost běli a jasu na slunci lze vyhodnocovat také pomocí fotografií, ze kterých je možno vytvořit obrazovou analýzu. Libovolný barevný odstín lze získat mícháním tří aditivních barev – červené („red“ – záření o vlnové délce 700 nm), zelené („green“ – 546,1 nm) a modré („blue“ – 435,8 nm). Z toho vyplývá, že libovolný odstín lze definovat procentuálním podílem každé ze složek. Jedná se o RGB popis barevného odstínu. Čím větší je podíl určité složky RGB, tím vyšší intenzitu příslušná barva má. Podíl každé ze složek RGB nemusí být stanoven v procentech, může být vyjádřen podle barevné hloubky jako určitý počet bitů. Například při 24 bitové reprezentaci RGB hodnoty jsou specifikovány třemi 8-bitovými celými čísly od 0 do 255, která vyjadřují intenzitu červené, zelené a modré barvy. Hodnota „0“ znamená potlačení intenzity (zcela tmavá) a „255“ hovoří o maximální intenzitě.

Na Obrázku 10 je znázorněn barevný model RGB v podobě krychle. Každá z kolmých hran představuje škálu barevných složek: na souřadnici x - zelená, y – modrá, z -

červená. Libovolný bod se souřadnicemi (x,y,z) v krychli uvádí hodnotu výsledné barvy. [6, 22]



Obrázek 10 - Barevný RGB model mapovaný do krychle [22]

4 FLUORESCENCE

Fluorescence je spolu s fosforescencí² typem luminiscence. Luminiscence je většinou definována jako jev, při kterém dochází k návratu excitovaných elektronů tělesa na základní energetickou hladinu a současně k vyzařování přebytečné energie ve formě fotonů. Luminiscence má schopnost přetrvávat po nějakou dobu. V závislosti na budiči se rozlišuje několik druhů luminiscence:

- a) fotoluminiscence – vzniká elektromagnetickým zářením (žárovky);
- b) elektroluminiscence – vybuzená elektrickým polem;
- c) katodoluminiscence – způsobena dopadajícími elektrony;
- d) chemoluminiscence – vyvolána chemickou reakcí;
- e) termoluminiscence – vyvolána nárůstem teploty po předcházejícím dodání energie;
- f) radioluminiscence – způsobena jaderným zářením;

² Při fluorescenci záření po určité době zmizí, naopak však při fosforescenci záření zůstává i po odstranění zářiče.

g) triboluminiscence – vyvolána účinkem tlaku. [27]

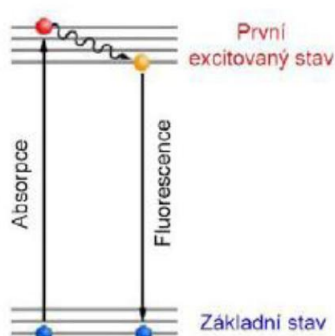
Fluorescence je typem fotoluminiscenčního záření, které lze vyvolat buď účinkem jiného dopadajícího záření nebo dopadajícími částicemi. Fluorescence textilie ošetřené OZP je dána adsorpcí molekul OZP okem neviditelného ultrafialového záření v oblasti modrofialového spektra o vlnové délce $\lambda = 340 - 370$ nm a přeměnou tohoto záření na viditelné (tzn. o větších vlnových délkách $\lambda = 420 - 470$).

Fluorescenční schopnost OZP přijímat UV záření je podmíněna výskytem konjugovaných dvojných vazeb, např. $-C=C-C=C-C=C-$ nebo $-N=C-N=C-N=C-$. [11, 28]

V textilním odvětví se fluorescence využívá hlavně k:

- stanovení vnitřní struktury textilních vláken;
- stanovení přítomnosti přídatných látek na textilních vláknech (např. OZP);
- identifikace přírodních a syntetických vláken (autofluorescenty);
- identifikace textilních vláken pomocí aplikace fluorescenčního pigmentu.

Fluorescence byla popsána v roce 1935 Alexandrem Jablonskim pomocí tzv. Jablonského diagramu (Obrázek 11). Na Obrázku 11 je znázorněna excitace o určité vlnové délce, po které dochází k absorpci záření. Molekula ze základního elektrovaného stavu přechází do excitovaného stavu. Vlnovka znázorňuje část absorbované energie, která je uvolněna do okolí v podobě energie tepelné. Zbylá energie je vrácena zpět do původního, základního stavu ve formě fluorescenčního fotonu. [19, 32]



Obrázek 11 – Zjednodušený Jablonského diagram [19]

K fluorescenci by nedocházelo nebýt fluorů. Látky, u nichž nastává luminiscence, se označují jako luminofory. Následně látky, které způsobují fluorescenci jsou fluorofory. Existují fluorofory vnitřní (autofluorescenční), objevující se v přírodě např. chlorofyl, a vnější. Vnější fluorofory slouží k doplnění fluoroforů vnitřních, pokud mají nedokonalé fluorescenční schopnosti. Vnější fluorofory mohou být rozděleny následovně:

- fluorescenční značky;
- fluorescenční indikátory (OZP);
- fluorescenční sondy. [19, 29]

5 STUDIUM SORPCE, DESORPCE A STÁLOSTÍ OPTICKY ZJASŇUJÍCÍHO PROSTŘEDKU VLÁKENNOU STRUKTUROU

Sorpce a desorpce opticky zjasňujících prostředků vlákennými strukturami byla v rámci této práce simulována několika experimenty a následně vyhodnocena. Část experimentů sloužila k zjištění dynamiky průniku OZP textilií s ohledem na různé teploty prací lázně a počet pracích cyklů. Další experimenty sloužily k zjištění stálosti OZP vůči vypírání, působení potu nebo ultrafialového záření. K hodnocení účinku OZP byly použity základy analýzy obrazu, vzorky se posuzovaly dle intenzity jejich záření, naměřených hodnot remise a stupňů bělosti.

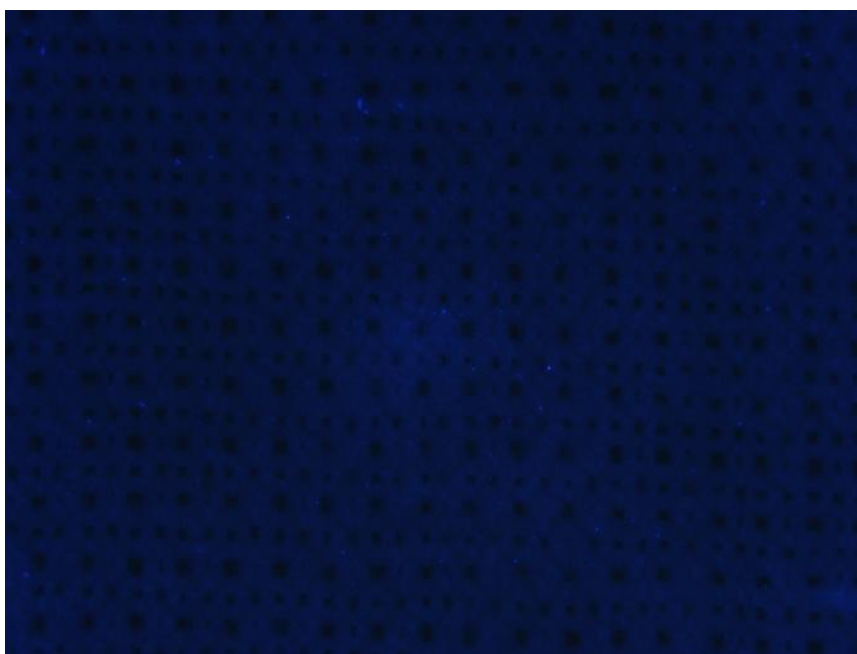
5.1 Přípravná fáze experimentů

Přípravná fáze experimentů zahrnovala výběr textilie a vhodného optického zjasňovače. Pro studium sorpce a desorpce OZP vlákennou strukturou byla zvolena rezná (tzn. nebělená) bavlněná tkanina pro její významné sorpční vlastnosti, nízký stupeň bělosti a absenci přirozených fluorů (viz Obr. 12). Popis zvolené textilie je v Tabulce 2.

Tabulka 2 – Charakteristika zvolené textilie

Charakteristika / parametr	Hodnota, jednotky
Složení	100% bavlna
Vazba	Plátňová
Plošná hmotnost	129 g/m ²
Dostava osnovních nití	280 nití / 10 cm
Dostava útkových nití	210 nití / 10 cm

Z Obrázku 12 je patrné, že zkoušená bavlněná tkanina není bělena a upravena optickými zjasňovači. Při ozařování zdrojem UV světla nevykazuje bavlněná tkanina žádnou fluorescenci. Drobné fluoreskující tečky na obrázku jsou zrnka prachu, které se na textilií usadila. Na Obrázku 13. je zobrazena zkoušená textilie pod denním světlem focená digitálním fotoaparátem.



Obrázek 12 – Zkoušená neupravená bavlněná tkanina pod UV zářením



Obrázek 23 - Zkoušená neupravená bavlněná tkanina na denním světle

V této diplomové práci byl pro bavlněnou textilií zvolen opticky zjasňující prostředek Rylux DK. Tento optický zjasňovač se nejčastěji užívá při zušlechťovacích procesech a je vhodný na úpravu celulozových vláken. Rylux DK existuje v několika barevných odstínech (žlutá, zelená, červená, fialová, modrá). V této diplomové práci byl použit žlutý opticky zjasňující prostředek. Charakteristika použitého zjasňovače je předložena v Tabulce 3. [30]

Tabulka 3 - Charakteristika opticky zjasňujícího prostředku Rylux DK

Chemická třída	derivát diaminostilbendisulfokyseliny
Skupenství	prášek
Rozpustnost	5 g/l ve vodě při 98 °C
Odstín běli	modrofialový
Ionogenita	anionaktivní
Afinita	vysoká
Účinnost pro celulózová vlákna	vhodné

5.2 Sorpce opticky zjasňujícího prostředku vláknennou strukturou

Pro studium dynamiky průniku OZP vláknennou strukturou byly provedeny 2 experimenty. První experiment simuloval okamžitý účinek OZP – po krátké době jeho působení, zároveň sloužil k zjištění vlivu teploty lázni na průnik OZP do vláknenné struktury. Cílem druhého experimentu bylo zjistit, zda dochází ke zvýšení účinku OZP při jeho opětovné aplikaci na textilií.

5.2.1 Kinetika sorpce opticky zjasňujícího prostředku do vláknenné struktury

Úkolem tohoto experimentu bylo zjistit za jak dlouhou dobu bavlněná tkanina absorbuje „viditelné“ množství optického zjasňovače. V této zkoušce byla původní režná, bavlněná tkanina vložena do dvou kádinek s prací lázni (voda + prací prostředek + OZP) o teplotě 40 °C a 60 °C.

5.2.1.1 Popis experimentu

Vzorky neupravené bavlněné tkaniny o rozměrech 20 x 20 cm byly zváženy a poté vloženy do kádinky s prací lázni ohřáté na 40 °C. Prací prostředek a OZP Rylux DK byly dávkovány dle pokynů výrobce (v 300 ml vody bylo rozpuštěno 0,12 g pracího prostředku a 0,0024 g OZP). Postupně bylo odebráno 5 vzorků (po 5, 10, 20, 30 a 60 minutách). Stejným způsobem proběhla zkouška kinetiky sorpce OZP vláknennou strukturou při 60 °C. Vzorky byly ponechány volnému sušení při pokojové teplotě.

Následně byly vzorky pomocí fluorescenčního mikroskopu nasnímány a získané obrazy byly zpracovány ve výpočetním prostředí Matlab.

5.2.1.2 Vyhodnocení

Jak je zřejmé z Tabulky 4, k sorpci opticky zjasňujícího prostředku na vláknennou strukturu dochází velmi rychle, již po 5 minutách je ošetřovaná textilie jasnější a bělejší. Je zjevné, že v každém časovém intervalu dochází k navýšení jasu a běli. Avšak mezi

vzorky vystavenými teplotě 40 °C a vzorky při 60 °C jsou značné rozdíly. Po první hodině v lázni při 60 °C je textile daleko bělejší a jasnější než textile v lázni při 40 °C.

Na textilií, která byla v lázni při 40 °C, lze pozorovat nesouměrné mapy. To mohlo být způsobeno nedostatečným rozpuštěním a promícháním OZP v lázni.

Vizuální hodnocení vzorků nelze považovat za objektivní a úplné. Tímto způsobem je obtížné registrovat malé změny v jasu nebo bělosti vzorků. Z objektivních metod byla následně aplikována analýza obrazu a měření na přístroji Datacolor.

Tabulka 4 - Vliv teploty prací lázně na účinek optického zjasňovače během různých časových intervalů

Teplota prací lázně	Čas lázně s OZP		
	0	5 minut	10 minut
40 °C			
60 °C			
Teplota prací lázně	Čas lázně s OZP		
	20 minut	30 minut	60 minut
40 °C			
60 °C			

5.2.1.2.1 Vyhodnocení RGB a jasu textilie

Ošetřené vzorky textilie byly dále zkoumány. Nejprve se posuzovala intenzita záření textilie. Pro tento účel byla nejdříve pomocí fluorescenčního mikroskopu pořízena série fotografií. Ty následně byly podrobeny výpočtu v prostředí Matlab – bylo zjišťováno a dále srovnáváno RGB obrazu a intenzita svícení. Následně byly vzorky změřeny přístrojem Datacolor 600 (viz Obrázek 14). K měření nebyla použita žádná norma.

Parametry přístroje Datacolor 600:

- zdroj osvětlení – pulzní xenonové;
- průměr optiky až 152 mm / 6,0 V;
- vlnová délka 360 nm až 700 nm.



Obrázek 14 - Přístroj Datacolor 600

Získaná data jsou promítnuta do grafů, ze kterých je patrna závislost remise na vlnové délce záření, nebo vztah mezi počtem pracích cyklů a výslednou bělostí textilie.

Pro zjištění hodnot RGB a určení jasu textilie sloužil algoritmus napsaný pro výpočetní prostředí Matlab. Detailní popis algoritmu je součástí následné Tabulky 5, jeho úplné znění je v Příloze 1.

Tabulka 5 – Detailní popis algoritmu [zdroj vlastní]

Příkaz / blok algoritmu	Popis
clear,clc,close all	Uzavření, začátek algoritmu
n='.jpg'; rgb=[]; figure	Definice proměnných „n“ (číslo obrázku) a „rgb“
for i=10:73 I1=imread([num2str(i) n]); rgbi=[mean2(I1(:,1)) mean2(I1(:,2)) mean2(I1(:,3))]; rgb=[rgb; rgbi]; plot(i,mean(rgbi),'o','MarkerFaceColor',rgbi/255,' MarkerEdgeColor',rgbi/255,'MarkerSize',10),hold on plot(i,(rgbi(1)),'o','MarkerFaceColor',[rgbi(1)/255 0 0],'MarkerEdgeColor',[rgbi(1)/255 0 0],'MarkerSize',10) plot(i,(rgbi(2)),'o','MarkerFaceColor',[0 rgbi(2)/255 0],'MarkerEdgeColor',[0 rgbi(2)/255 0],'MarkerSize',10) plot(i,(rgbi(3)),'o','MarkerFaceColor',[0 0 rgbi(3)/255],'MarkerEdgeColor',[0 0 rgbi(3)/255],'MarkerSize',10) end	Cyklus: pro vybranou sérii obrázků načíst obrázek, spočítat střední hodnotu každého ze tří kanálů RGB (modrého, červeného, zeleného)
end plot(10:73,mean(rgb,2),'k') plot(10:73,(rgb(:,1)),'r') plot(10:73,(rgb(:,2)),'g') plot(10:73,(rgb(:,3)),'b')	Výkres grafu s průměrnou hodnotou RGB (tzn. výpočet a vynesení do grafu jasu obrázku). Výkres grafů s hodnotami každého z kanálů RGB.
end	Konec algoritmu

Data, získána z výpočetního prostředí Matlab jsou interpretována v grafech.

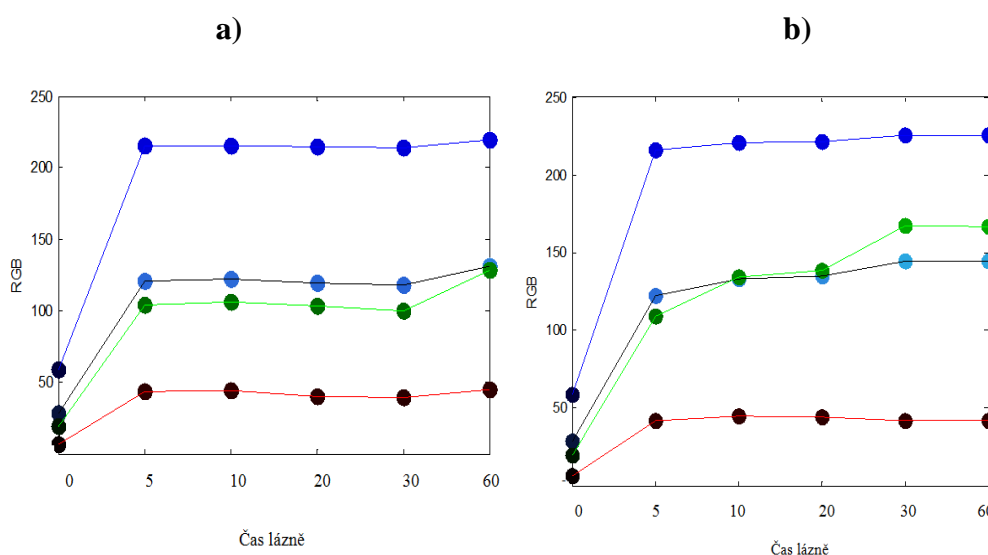
Na Obrázku 15 je patrná závislost mezi počtem pracích cyklů (viz souřadnice OX), jasnem vzorku a hodnot RGB (souřadnice OY). Křivka, spojující tmavě modré body, poukazuje na změnu hloubky (nebo také jasu) modré složky RGB. Změny v podílech

zelené a červené složky RGB jsou parné z průběhu zelené a červené křivky. Různé odstíny sytě modré barvy interpretují reálný odstín (jas) vzorků.

Jak je zřejmé, k největším změnám došlo už po prvních pěti minutách v lázni. Optický zjasňovač způsobil patrné změny ve všech složkách RGB. Protože účinek OZP se projevuje v modrofialové části spektra viditelného světla, největšího okamžitého nárůstu dosáhla modrá složka RGB.

Hodnota jasu ošetřených vzorku je zde interpretována jako průměr z hodnot tří kanálů (složek) RGB. Je vidět, že se zvyšujícím se časem textilie v lázni roste i jas textilie.

Po 5 minutách v lázni při 40 °C byly složky RGB relativně stálé nebo velmi mírně klesaly, avšak při 60 °C modrá a zelená složka stále stoupala. Charakter změny RGB nebo jasu textilie je pro 60 °C po 30 minutách v lázni vyšší, než při 40 °C.



Obrázek 15 - Změna RGB a jasu textilie v důsledku optického zjasnění při teplotě lázně 40°C (a) a 60°C (b)

5.2.1.2.2 Vyhodnocení remise a bělosti textilie přístrojem Datacolor

Pro hodnocení jasu a bělosti bavlněné tkaniny před a v průběhu jejího optického zjasnění bylo použito zařízení Datacolor.

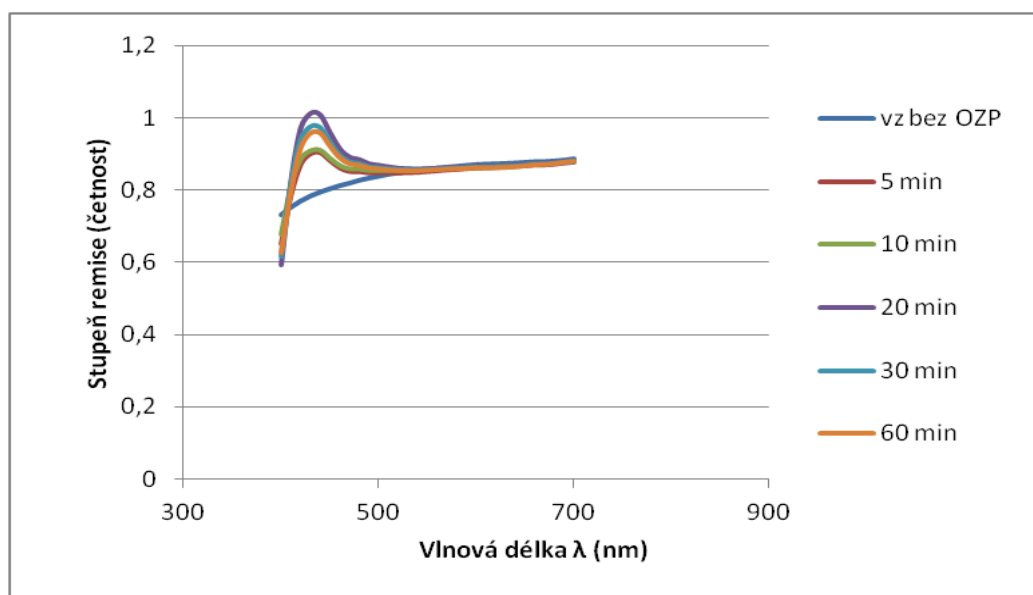
Přístrojem Datacolor byl nejprve změřen neupravený, nebělený vzorek bavlněné textilie. Dále byly měřeny všechny vzorky, které byly ošetřeny OZP v průběhu jedné

hodiny v lázni. Celkem bylo změřeno 6 vzorků pro teplotní lázeň 40 °C (včetně neupravené, původní textilie) a 6 vzorků pro teplotní lázeň 60 °C (včetně neupravené, původní textilie).

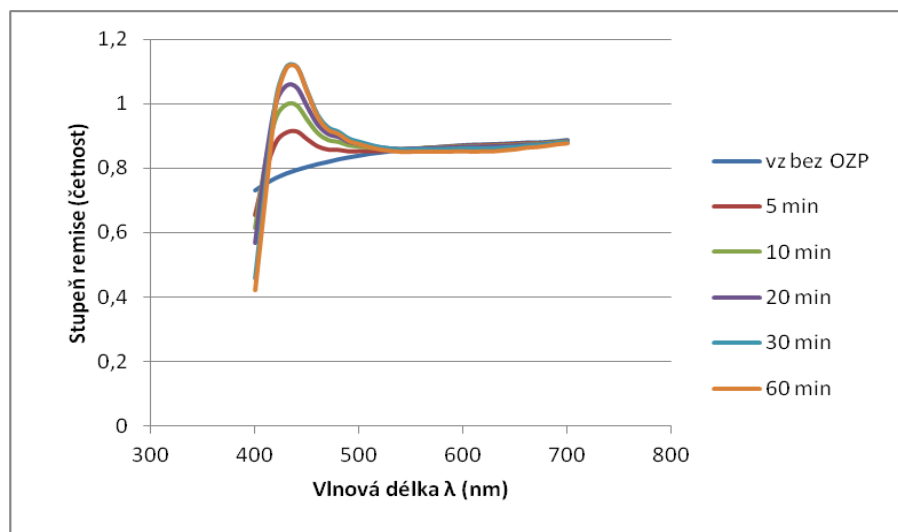
Všechny vzorky měly rozměr 20 x 20 cm a každý ze vzorků byl měřen 4x na různých místech, následně byly hodnoty zprůměrovány. Z každého vzorku byly získány hodnoty bělosti a remise. Tyto hodnoty byly dále zpracovány do grafů. Kompletní soubor naměřených dat je součástí Příloh 2. a 3.

Naměřená data jsou vynesena do grafů a prezentována v podobě remisních křivek (viz Obr. 16). Na souřadnici OX je umístěna stupnice vlnových délek záření, na souřadnici OY – odpovídající stupeň remise. Z Obrázku 16 je patrné, že remise neošetřeného vzorku se pohybovala kolem 80 % v intervalu vlnových délek záření 410-690 nm. Čím déle byly vzorky v lázni s OZP, tím došlo navýšení remise. Maximální remise byla pozorována u vlnové délky 420 nm a po 1 hodině v lázni překročila 100% remisi.

a)

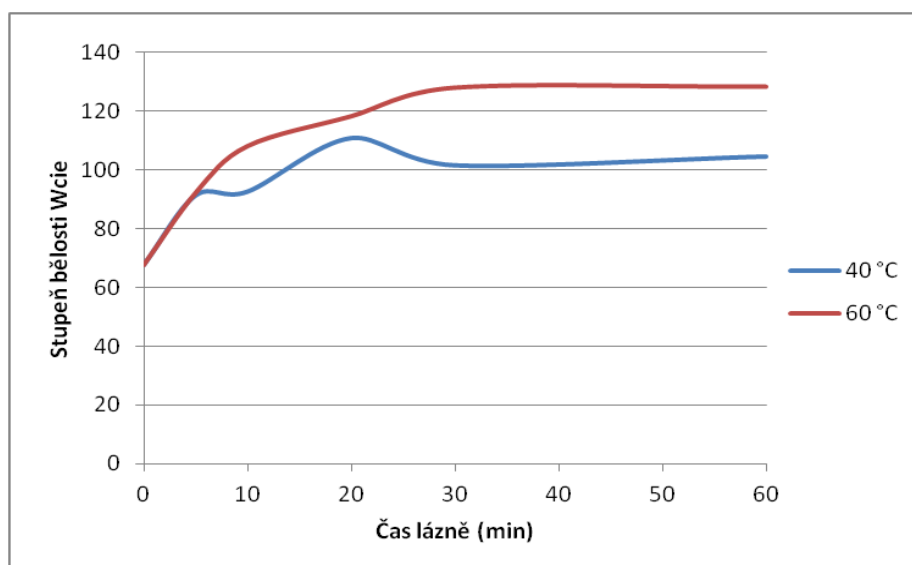


b)



Obrázek 16 – Remisní křivky textilie před a po optickém zjasňování po dobu 1 hodiny: a) praní při teplotě 40 °C; b) praní při 60 °C

Na Obrázku 17 je zachycena závislost běli na času textilie ponořené v lázni: modře – pro lázeň na 40 °C, červeně – pro lázeň na 60 °C. Jak je patrné, se zvyšující se dobou vzorků v lázni se zvyšuje také stupeň běli. K nejprudšímu nárůstu běli podle grafů dochází při prvních dvaceti minutách, poté je patrný pozvolný nárůst stupňů běli tkaniny a to pro obě zvolené teploty pracích lázní.



Obrázek 17 - Stupeň bělosti textilie při optickém zjasňování po dobu 1 hodiny

5.2.2 Vliv teploty prací lázně a doby působení optického zjasňovače na vláknennou strukturu

V tomto experimentu byl simulován spotřebitelský prací proces. Cílem bylo zjistit, po kolika pracích cyklech se ustálí účinek optického zjasňovače.

5.2.2.1 Popis experimentu

Praní probíhalo v profesionální pračce Miele professional W 6071 (viz Obrázek 18), za použití pracího prášku na barevné prádlo Lanza Color max 3. V obsahu prášku nebyl opticky zjasňujících prostředek identifikován. Pro ověření byl prací prostředek zkoumán pod UV lampou a pomocí fluorescenčního mikroskopu – prací detergent nevykazoval žádnou fluorescenci.



Obrázek 18 – Laboratorní pračka Miele Professional

Nastavení pracího cyklu se řídilo českou technickou normou ČSN EN ISO 6330 – Textilie – Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií [31]. Ovšem snahou bylo samotný prací proces nastavit tak, aby se co nejvíce podobal běžnému domácímu praní. Nastavení pracího procesu cyklů je popsáno v Tabulce 6.

Tabulka 6 – Charakteristika pracího procesu

	Teplota prací lázně	Otáčky bubnu při hlavním praní	Otáčky bubnu při máchání
1. experiment	40 °C	500 ot/min	1200 ot/min
2. experiment	60 °C	500 ot/min	1200 ot/min

Do pračky bylo vloženo 2,3 kg zkoušené bavlněné tkaniny. Pomocí doplňkových textilií byla dovážena náplň pračky na 4,5 kg. Podle dávkování, doporučeném výrobcem pracího prášku, bylo naváženo 71 g pracího prášku Lanza Color max 3.

Dávkování opticky zjasňujícího prostředku Rylux DK je výrobcem určeno jako 0,2 % z hmotnosti pracího prášku. Do jedné náplně pračky bylo dávkováno 0,142 g opticky zjasňujícího prostředku Rylux DK.

Celkově byla textilie vystavena 20 cyklům praní. Po každém pracím cyklu následovalo sušení textilie v bubnové sušičce. V určitých intervalech byl vždy odebrán jeden vzorek textilie o velikosti 20x20 cm. V intervalu 1 až 5 praní bylo postupně odebráno 5 vzorků. Dále se vzorky odebíraly po 5 pracích cyklech, tzn. po 10., 15. a nakonec po 20. pracím cyklu.

Nejprve byla rezná nebělená bavlněná tkanina prána na 40 °C, poté byla ta samá neupravená bavlněná textilie prána na 60 °C při stejném nastavení pracího procesu. Celkově bylo získáno 8 vzorků textilie upravené optickým zjasňovačem při praní na 40 °C (po 1., 2., 3., 4., 5., 10., 15., 20 pracím cyklu) a stejný počet vzorků byl obdržen při praní na 60 °C.


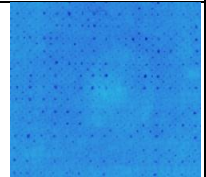
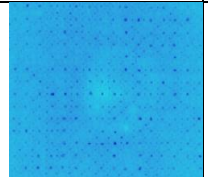
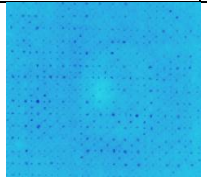
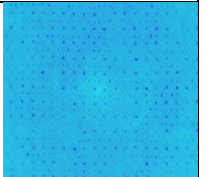

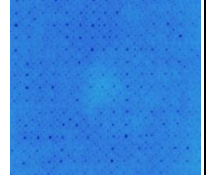

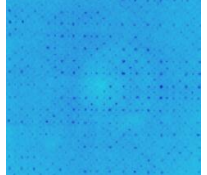
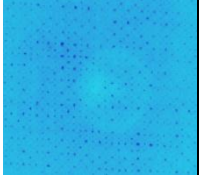
Vyprané vzorky textilie byly dále měřeny. Nejprve se vyhodnocovala intenzita záření textilie, pomocí fotografií z fluorescenčního mikroskopu. Ty následně byly podrobeny výpočtu v prostředí Matlab. Dále bylo srovnáváno RGB obrazu a intenzita svícení. Následně byly vzorky změřeny přístrojem Datacolor.

Získaná data jsou uvedena v grafech, ze kterých je zjevná závislost remise na vlnové délce záření a závislost mezi počtem pracích cyklů a výslednou bělostí textilie.

5.2.2.2 Vyhodnocení

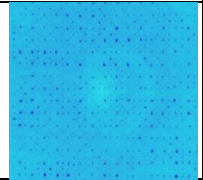
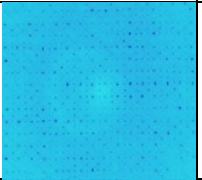
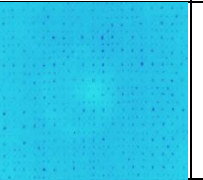
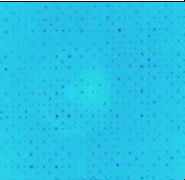
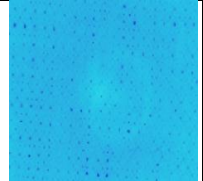
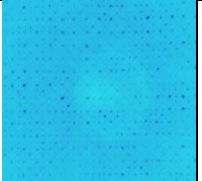
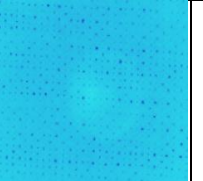

Jak je patrné z Tabulky 7 a 8 opakované praní bavlněné tkaniny v detergentu obsahujícím optický zjasňovač po určitou dobu zvyšuje jas a bělost textilie. Jak je zřejmé z obrázků, již po prvním pracím cyklu došlo ke značnému zesvětlení vzorků při srovnání s neupraveným bavlněným vzorkem. Avšak mezi vzorky vystavenými teplotě 40 °C a vzorky pranými na 60 °C nejsou žádné značné rozdíly. Během prvních čtyř pracích cyklů docházelo k postupnému navyšování bělosti a jasů.

Tabulka 7 - Vliv teploty pracích lázní a počtů pracích cyklů na účinek optického zjasňovače

Teplota prací lázně	Počet pracích cyklů				
	0	1	2	3	4
40 °C					
60 °C					

Po pěti pracích cyklech byly bavlněné vzorky pod UV zářením daleko jasnější (viz Tabulka 8). Po 10 pracích cyklech došlo k dalšímu mírnému navýšení jasů vzorků, avšak tento nárůst nebyl již tak rapidní. Vzorky po 20 pracích cyklech se jeví jako nejjasnější a nejzářivější. Následně byla aplikována analýza obrazu a měření na přístroji Datacolor.

Tabulka 8 - Vliv teploty pracích lázní a počtů pracích cyklů na účinek optického zjasňovače

Teplota prací lázně	Počet pracích cyklů			
	5	10	15	20
40 °C				
60 °C				

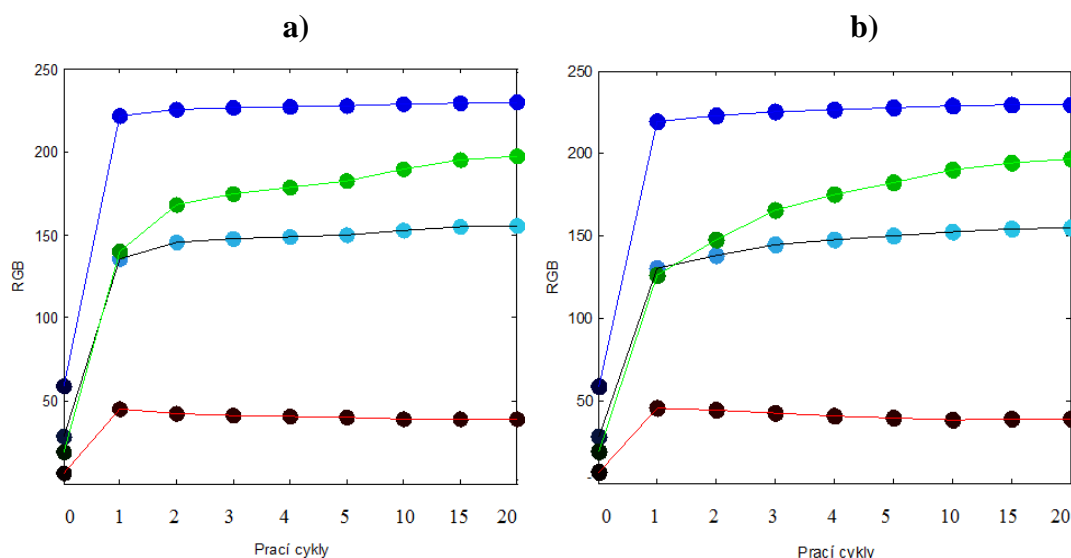
5.2.2.2.1 Vyhodnocení RGB a jasů textilie

Na Obrázku 19 je zřejmé, že k největším změnám došlo po prvním praní textilie. Optický zjasňovač způsobil patrné změny ve všech složkách RGB.

Největšího okamžitého nárůstu dosáhla modrá složka RGB. Totéž prokazují i remisní křivky v kapitole 5.2.2.2.2. Po dobu následujících 19 pracích cyklů modrá a červená složka RGB zůstává téměř konstantní, strmý nárůst je ale patrný u zelené složky RGB.

Hodnota jasů ošetřených vzorku je zde interpretována jako průměr z hodnot tří kanálů (složek) RGB. Je vidět, že s narůstajícím počtem pracích cyklů roste i jas textilie. Ovšem po 10 pracích cyklech jsou změny v jasů textilie téměř nepatrné.

Vezmeme-li v potaz rozdílnost teplot pracích lázní, jejich vliv prokázán nebyl. Charakter změny RGB nebo jasů textilie pro obě zvolené teploty pracích lázní jsou shodné.



Obrázek 19 - Změna RGB a jas textile v důsledku optického zjasnění při teplotě pracích lázní 40°C (a) a 60°C (b)

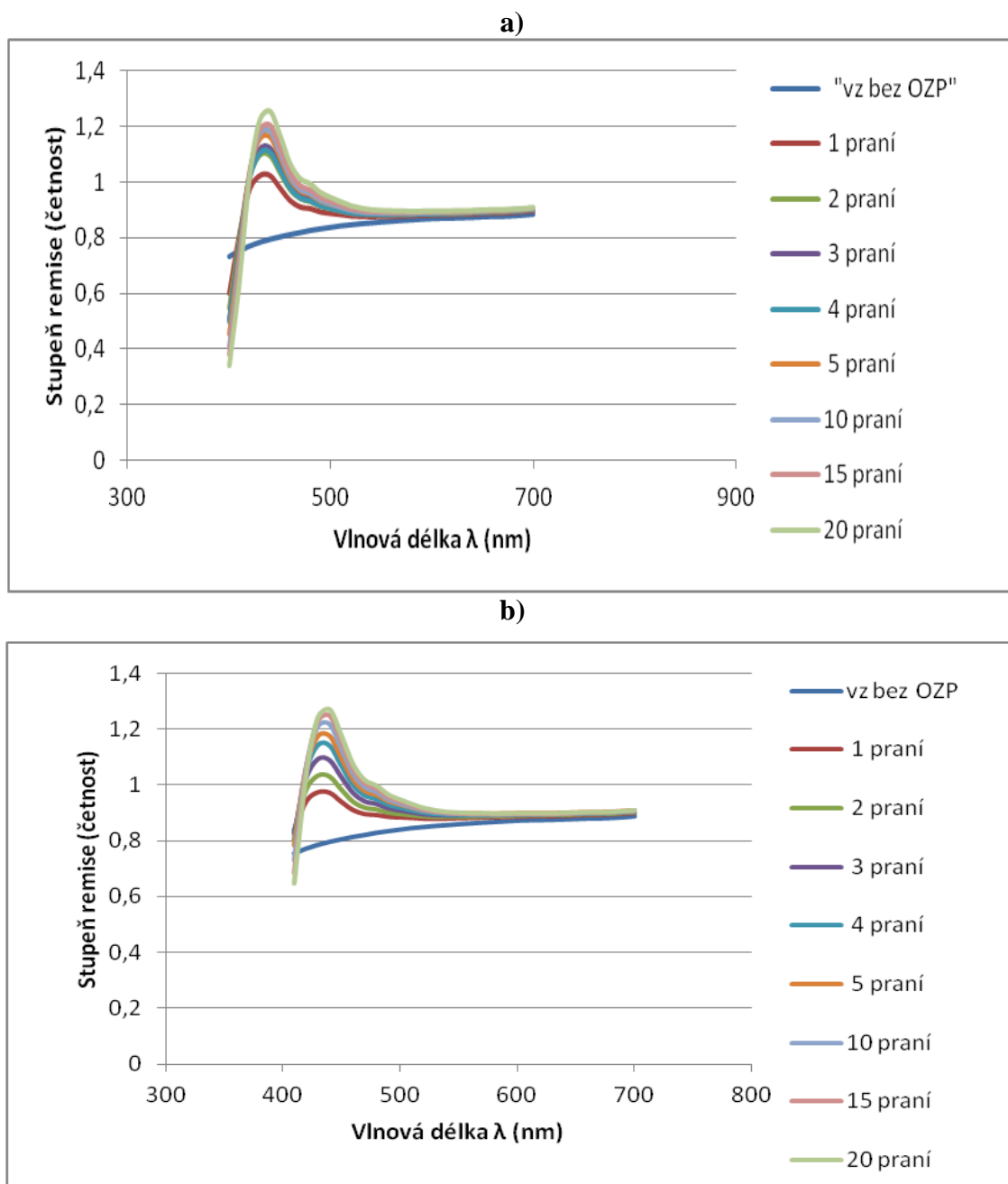
5.2.2.2.2 Vyhodnocení remise a bělosti přístrojem Datacolor

Pro hodnocení jasů a bělosti bavlněné tkaniny před a v průběhu jejího optického zjasnění bylo použito zařízení Datacolor.

Přístrojem Datacolor byl nejprve změřen neupravený, nebělený vzorek bavlněné textilie, dále byly měřeny všechny vzorky, které byly ošetřeny OZP v průběhu dvaceti pracích cyklů. Celkem tedy bylo změřeno 9 vzorků pro teplotní lázeň 40 °C (včetně neupravené, původní textilie) a 9 vzorků pro teplotní lázeň 60 °C (včetně neupravené, původní textilie). Všechny vzorky měly rozměr 20 x 20 cm, a každý ze vzorků byl měřen 4x na různých místech; následně byly hodnoty zprůměrovány. Z každého vzorku byly získány hodnoty bělosti a remise. Tyto hodnoty byly dále zpracovány do grafů. Kompletní soubor naměřených dat je součástí Příloh 2. a 3.

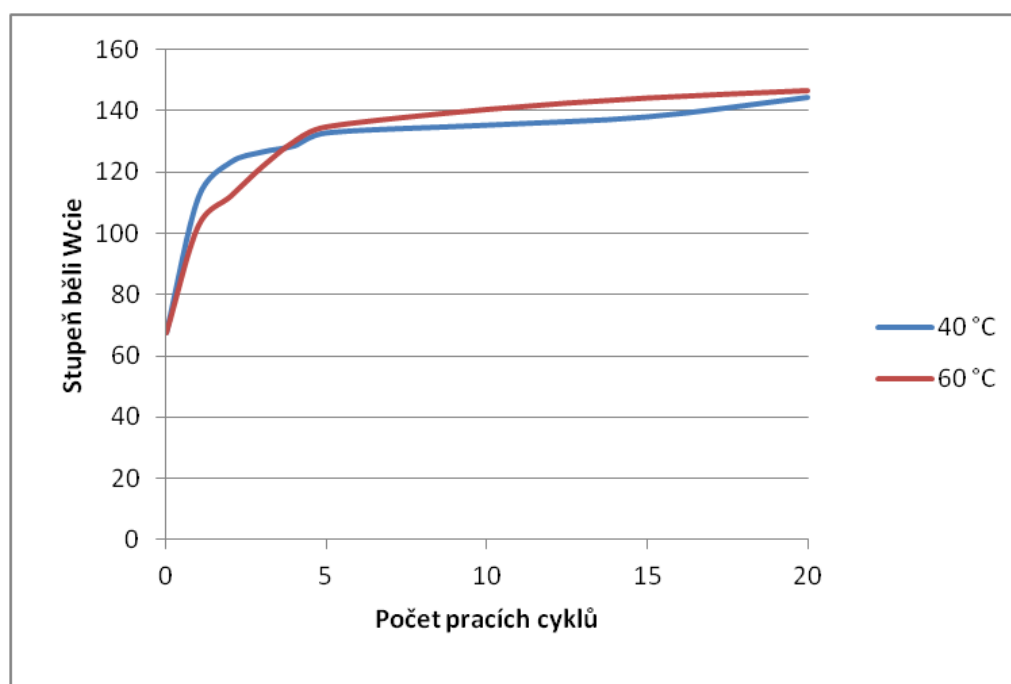
Naměřená data jsou nanášena do grafů a prezentována v podobě remisních křivek (viz Obr. 20). Na souřadnici OX je umístěna stupnice vlnových délek záření, na souřadnici OY – odpovídající stupeň remise. Z Obrázku 20 grafu je patrné, že remise neošetřeného vzorku se pohybovala kolem 80 % v intervalu vlnových délek záření 400-700 nm. Čím víckrát byly vzorky ošetřeny OZP (tzn. podstoupily větší počet pracích cyklů), tím k větším remisím docházelo. Maximální remise byla pozorována u vlnové délky 440 nm

a po 20 pracích cyklech překročila 120 % remisi. Remisní maximum odpovídá modrofialové části spektra viditelného světla. Jak je patrné z Obrázku 10, ta se pohybuje v intervalu cca 420-470 nm.



Obrázek 20 – Remisní křivky textilie před a po optickém zjasňování: a) praní při teplotě 40 °C; b) praní při 60 °C

Na Obrázku 21 je zobrazena závislost běli na počtu pracích cyklů: modře – pro praní na 40 °C, červeně – pro praní na 60 °C. Jak je patrné, se zvyšujícím se počtem pracích cyklů se zvyšuje také stupeň běli. K nejprudšímu nárůstu běli podle grafů dochází při prvních pěti cyklech. Do patnáctého pracího cyklu je patrný pozvolný nárůst stupňů běli tkaniny, a to pro obě zvolené teploty prací lázně. Při praní na 60°C se růst běli zastaví po patnácti pracích cyklech, při praní na 40°C stupeň běli v růstu pokračuje. Ačkoliv se jednotlivé průběhy grafu od sebe liší, okolo 20 pracích cyklů se přiblíží stejné hodnotě.



Obrázek 21 - Stupeň bělosti textilie před a v průběhu optického zjasňování

5.3 Desorpce opticky zjasňujícího prostředku

Desorpce opticky zjasňujícího prostředku byla simulována vypíráním textilních vzorků, které byly 20 krát předem vyprané v prací lázni s přidáním optického zjasňovače Rylux DK (viz kapitola 5.2.2.).

Vypírání vzorků probíhalo při stejném nastavení pracího cyklu (viz kapitola 5.2.2.1. Tabulka 6), avšak bez přidání optického zjasňovače. Cílem tohoto experimentu bylo zjistit rychlost a míru desorpce OZP z bavlněné tkaniny.

5.3.1 Popis experimentu

Jak již bylo zmíněno, desorpce optického zjasňovače se sledovala u vzorků textilie předem 20 krát vyprané v pracím detergentu s přidáním OZP s označením Rylux DK. Desorpce byla i zde zkoumána pro prací lázeň na 40 °C i pro prací lázeň na 60 °C. Nastavení pracího procesu bylo shodné s experimentem popsáním v kapitole 5.2.2.1. Také zde byl použit prací prášek na barevné prádlo Lanza Color max 3. Na rozdíl od zmíněné zkoušky do prací lázně nebyl přidáván optický zjasňovač.

Do pračky bylo vloženo 1,3 kg zkoušené bavlněné tkaniny. Pomocí doplňkových textilií i zde byla dovážena náplň pračky na 4,5 kg. Podle dávkování, doporučeném výrobcem pracího prášku znovu vycházelo z doporučení výrobce (na definované množství textilie bylo použito 71 g pracího prášku). Celkem bylo provedeno 20 pracích cyklů při dvou různých teplotních režimech – 40 °C a 60 °C. Při prvních pěti pracích cyklech byly vzorky velikosti 20 x 20 cm odebírány, po každém cyklu, dále byly odebrány po 10, 15 a 20 pracích cyklech. Po každém z pracích cyklů následovalo sušení vzorků v bubnové sušičce.

Celkově bylo i zde odebráno 8 vzorků, a to jak v průběhu vypírání při teplotě prací lázně 40 °C, tak i při vypírání na 60 °C.

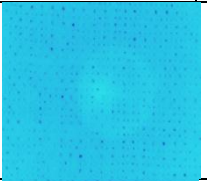
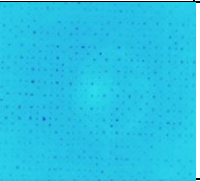
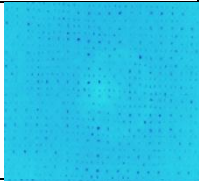
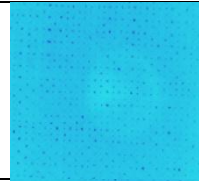
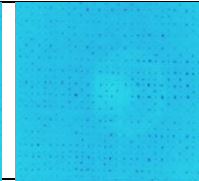
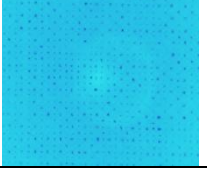
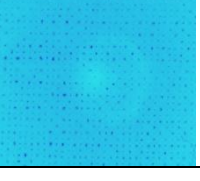
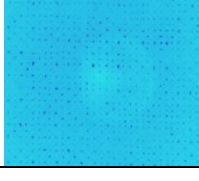
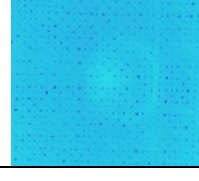
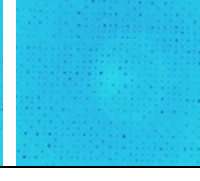
Vypírání optického zjasňovače bylo posuzováno na stejném principu, jak tomu bylo u hodnocení sorpce OZP (viz kapitoly 5.2.2.2.1 a 5.2.2.2.2).

5.3.2 Vyhodnocení

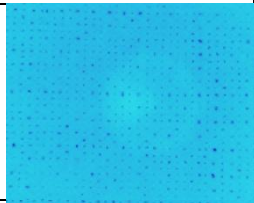
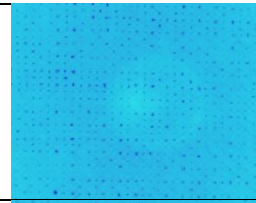
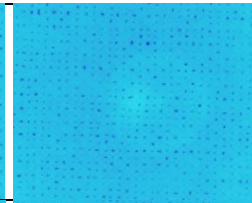


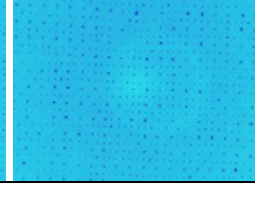
Jak je patrné z Tabulky 9 a 10 opakované praní bavlněné tkaniny v detergentu bez přidání opticky zjasňujícího prostředku po určité době vede postupně ke snížení jasu textilií. Jak je vidět z obrázků, pokles bělosti není zřejmý ani po dvaceti cyklech praní. Mezi vzorky vystavenými teplotě 40 °C a vzorky pranými na 60 °C nejsou žádné viditelné rozdíly.

Tímto vizuálním hodnocením není možno posoudit malé změny v bělosti textilií, proto byly vzorky podrobeny analýze obrazu a měření na přístroji Datacolor.

Tabulka 9 - Vliv teploty prací lázně a počtu pracích cyklů na desorpci optického zjasňovače

Teplota prací lázně	Počet pracích cyklů				
	1	2	3	4	5
40 °C					
60 °C					

Tabulka 10 - Vliv teploty prací lázně a počtu pracích cyklů na desorpci optického zjasňovače

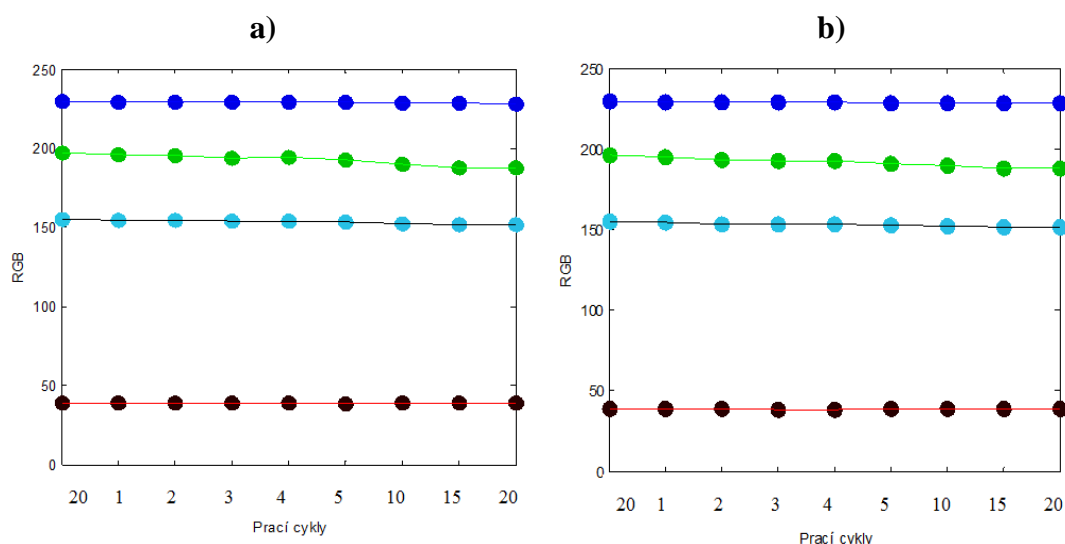
Teplota prací lázně	Počet pracích cyklů		
	10	15	20
40 °C			
60 °C			

5.3.2.1 Vyhodnocení RGB a jasu textilie

Také zde pro zjištění hodnot RGB a určení jasu textilie sloužil algoritmus v programu Matlab (viz Příloha 1.)

Na Obrázku 22 je vidět, že k velkému poklesu jasu nedošlo. Malé změny v podílech zelené a červené složek RGB jsou parné z průběhu zelené a červené křivky, které kolem 10. pracího cyklu začaly mírně klesat. Různé odstíny sytě modré barvy znázorňují

reálný jas vzorků, který velmi mírně klesl. Optický zjasňovač nezpůsobil změny ve všech složkách RGB, červená složka zůstala nyní konstantní. Změny jasu textilie jsou po 20 pracích cyklech nepatrné. Vliv rozdílu teplot prací lázní prokázán nebyl. Charakter změny RGB a jasu textilie pro obě zvolené teploty prací lázní jsou shodné.



Obrázek 22 - Změna RGB a jasu textilie při desorpci optického zjasňovače při teplotě prací lázní 40°C (a) a 60°C (b)

5.3.2.2 Vyhodnocení remise a bělosti přístrojem Datacolor

Pro hodnocení jasu a bělosti bavlněné tkaniny v průběhu desorpce opticky zjasňujícího prostředku bylo použito také zařízení Datacolor.

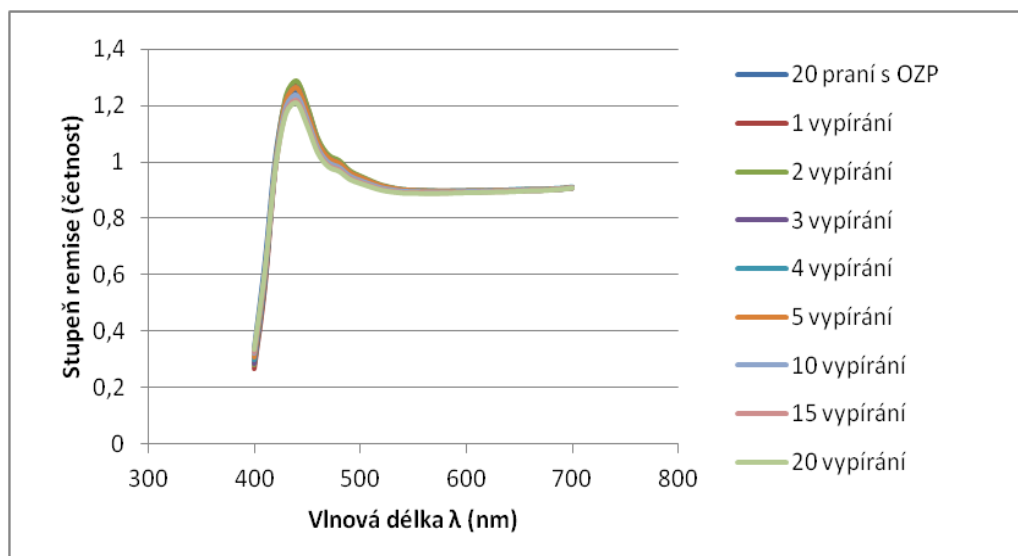
Měřeny byly všechny vzorky po dvaceti cyklech praní bez přidání optického zjasňovače a při dvou teplotních režimech prací lázně.

Všechny vzorky měly rozměr 20 x 20 cm, každý ze vzorků byl měřen 4x na různých místech, následně byly hodnoty zprůměrovány. Z každého vzorku byly také získány hodnoty bělosti a remise. Tyto hodnoty byly dále zpracovány do následujících grafů. Kompletní soubor naměřených dat je součástí Příloh 2., 3.

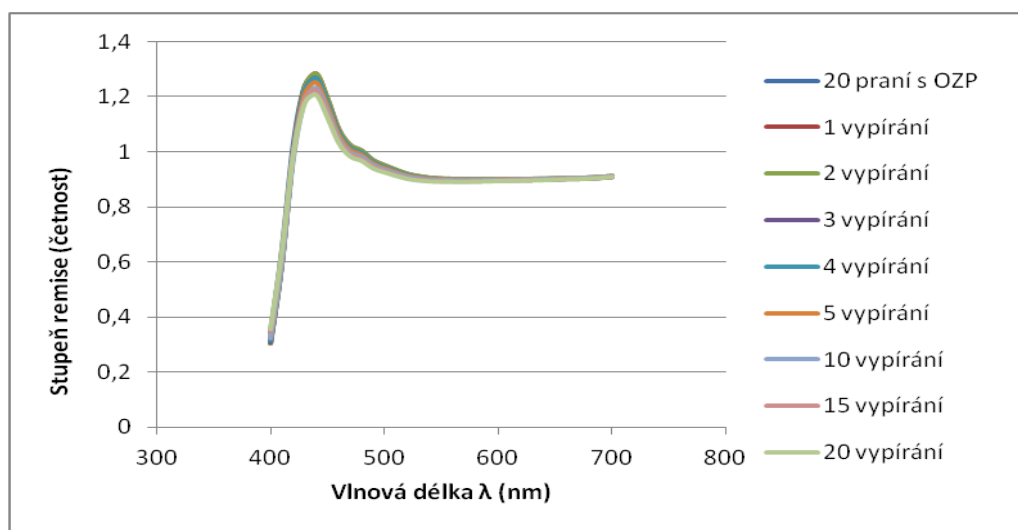
Naměřená data jsou zobrazena do grafů v podobě remisních křivek (viz Obrázek. 23). Na souřadnici OX je umístěna stupnice vlnových délek záření, na souřadnici OY – odpovídající stupeň remise. Z Obrázku 23 je patrné, že stupeň remise je i během vypírání ustálen a snižuje se velmi pomalu. Remisní křivky jsou téměř pro všechny

odebrané vzorky identické a svého maxima dosahují při vlnové délce $\lambda = 440$ nm. Vzorek, který byl vyprán jednou, vykazuje remisi 126 %. Vzorek vypraný dvacetkrát vykazuje remisi 117 %. Stupně remise jsou pro obě teplotní lázně téměř shodné.

a)



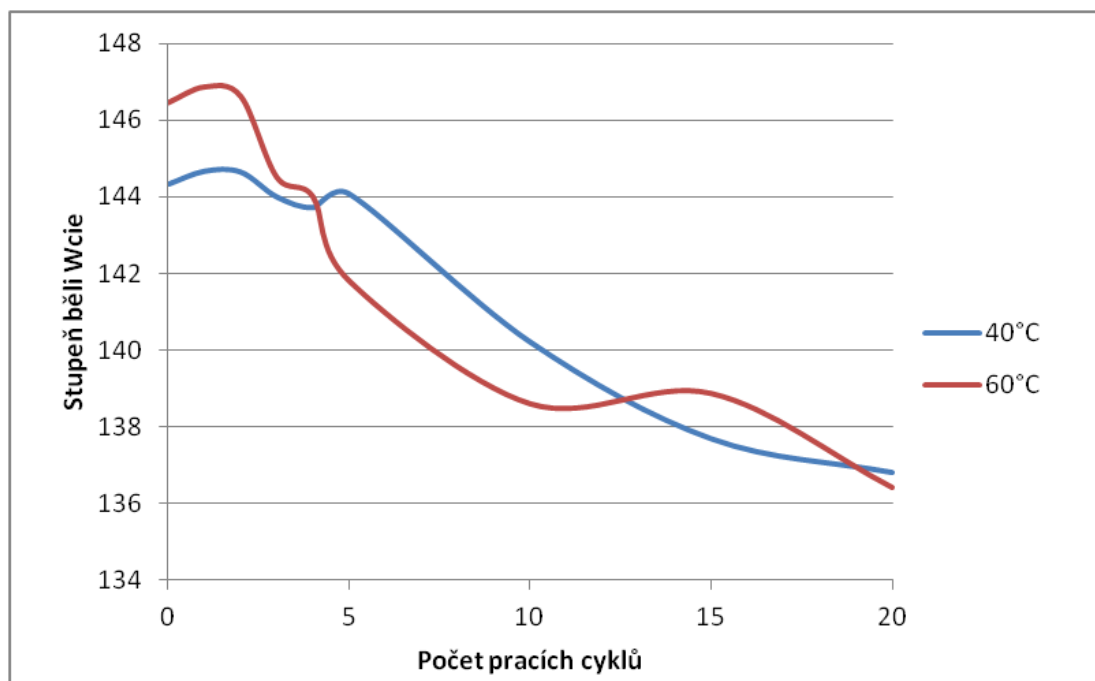
b)



Obrázek 23 - Remisní křivky textilie po desorpci optického zjasňovače a) praní při teplotě 40 °C; b) praní při 60 °C

Výrazný pokles je patrný pouze u bělosti tkaniny (viz Obrázek 24). K rychlejšímu poklesu bělosti došlo při vypírání textilie při teplotě 60 °C. Během prvních 5 vypírání stupeň bělosti poklesl o 5 jednotek, při vypírání na 60 °C, o necelou 0,5 jednotku při

vypírání na 40 °C. Od 5 po 13 vypírací cyklus průběh poklesu bělosti pro obě teploty pracích lázní je shodný, křivky jsou od sebe odsazené o pokles bělosti při praní na 60 °C. Během prvních 5 cyklů, po 20 vypíracích cyklech jsou rozdíly v bělosti zanedbatelné – křivky prochází těsně u hodnoty 144.



Obrázek 24 - Stupeň bělosti textlie v průběhu desorpce optického zjasňovače

5.4 Stálost opticky zjasňujícího prostředku v potu

V této zkoušce bylo cílem zjistit stálost optického zjasňovače v potu. Pro zkoumání byly zvolené vzorky textlie ošetřené OZP Rylux DK. Optický zjasňovač působil na vzorky po dobu 20 pracích cyklu (viz kapitola 5.2.2.). Zkouška stálosti OZP v potu proběhla dle normy ČSN EN ISO 105 – E04:1994 – Textlie – Zkoušky stálobarevnosti – část E04: Stálobarevnost v potu.

5.4.1 Popis experimentu

Šest vzorků textilie 20 krát prané v prací lázni obsahující optický zjasňovač Rylux DK na 40 °C a šest vzorků pocházejících z 20 praní na 60°C o velikostech 40 mm x 100 mm byly podrobeny zkoušce stálosti v potu. Každý ze vzorků byl umístěn mezi tzv. doprovodné tkaniny. Jako vrchní doprovodná tkanina byla použita bavlněná tkanina o velikosti 40 mm x 100 mm, jako spodní – vlněná tkanina o velikosti 40 x 100 mm. Pro vzorky obou teplotních režimů byl postup stejný. Takto sdružené vzorky byly umístěny do alkalického roztoku o složení: [33]

- 0,5 l destilované vody (H_2O);
- 0,25 g L – Histidin monohydrochloridu 1 – hydrátu ($C_6H_9O_2N_3.HCL.H_2O$);
- 0,25 g chloridu sodného ($NaCl$);
- 0,25 g hydrofosforečnanu disodného 12 – hydrátu ($Na_2HPO_4.12H_2O$).

Sdružené vzorky byly smáčeny v alkalickém roztoku po dobu 30 minut, při pH 8, poměru lázně a alkalického roztoku 50:1 a teplotě v místnosti 22 °C. Vzorky byly mírně stlačovány, aby bylo zajištěno rovnoměrné proniknutí roztoku. Poté se roztok slil a přebytek roztoku se odstranil ze sdružených vzorků stlačením válečkem. V pokračování byly vzorky uloženy mezi akrylátové destičky a vloženy do zkušebního zařízení pod tlakem 12,5 kPa. Toto zkušební zařízení je složeno z nosiče ve tvaru rámu z korozivzdorné oceli, do kterého je vložené závaží 5 kg.

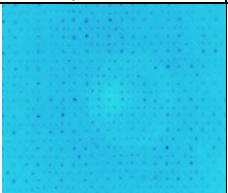
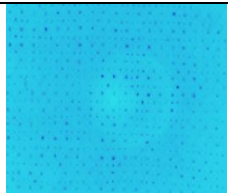
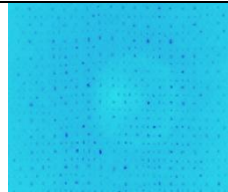
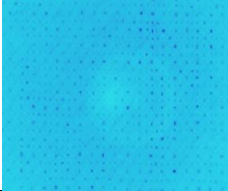
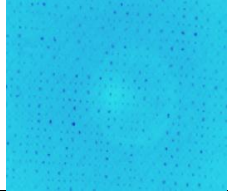
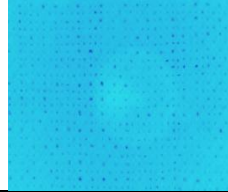
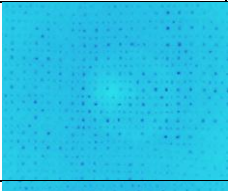
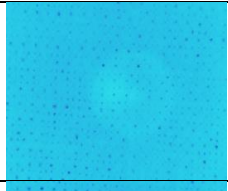
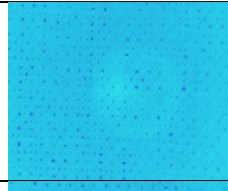
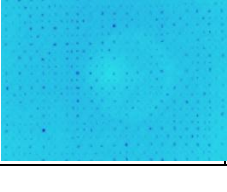
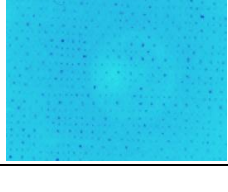

Takto uložené sdružené vzorky spolu se zkušebním zařízením byly umístěny do sušárny přehřáté na 37 °C ± 2 °C. Tato teplota byla udržena po celou dobu sušení. Vzorky byly postupně během určitých časových úseků odebírány (po 0.5, 1, 2, 3, 4 a 5 hodinách). Odebrané vzorky byly volně sušeny při pokojové teplotě. Jak již bylo zmíněno, cílem zkoušky bylo zjistit, zda je OZP na vzorcích stále také v potu. Nebo zde dochází k přechodu OZP do doprovodných tkanin. Vzorky podrobené zkoušce v potu byly nasnímány pomocí fluorescenčního mikroskopu. I zde se hodnotilo RGB pořízených obrázků, jejich jas, remise a bělost vzorků. U doprovodných tkanin se posuzovala pouze remise a bělost.

5.4.2 Vyhodnocení

Jak je patrné z Tabulky 11 nejsou po zkoušce stálosti v potu rozpoznány žádné poklesy jasu ani bělosti vzorků. Mezi vzorky vystavenými teplotě 40 °C a vzorky pranými na 60 °C nejsou po zkoušce stálosti v potu žádné viditelné rozdíly.

Jelikož tato vizuální metoda, nezachytí menší změny v bělosti a jasu, byly vzorky podrobeny analýze obrazu a měření na přístroji Datacolor.

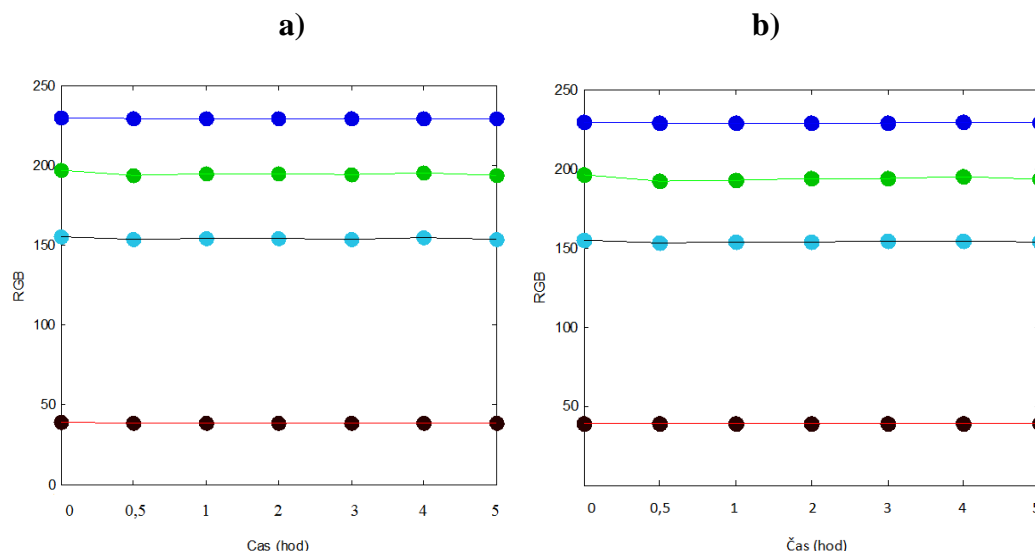
Tabulka 11 – Stálost optického zjasňovače v potu na vlákenné struktuře

Teplota prací lázně	Počet pracích cyklů		
	0,5 hod	1 hod	2 hod
40 °C			
60 °C			
Teplota prací lázně	Počet pracích cyklů		
	3 hod	4 hod	5 hod
40 °C			
60 °C			

5.4.2.1 Vyhodnocení RGB a jasu textile

Z Obrázku 25 je patrné, že k velkému poklesu hodnot RGB složek v alkalickém prostředí nedochází ani u vzorků praných na 40 °C, ani při 60 °C. Mírný pokles lze pozorovat u všech složek i jasu po 4 hodinách v potu. Průběhy křivek všech složek

vzorků praných na 40 °C i na 60 °C, a umístěných do alkalického prostředí, jsou shodné.



Obrázek 25 - Změna RGB a jas textile při zkoušce stálosti v potu optického zjasňovače při teplotě pracích lázní 40°C (a) a 60°C (b)

5.4.2.2 Vyhodnocení remise a bělosti přístrojem Datacolor

Vyhodnocení jasů a bělostí bavlněné tkaniny po zkoušce stálosti opticky zjasňujícího prostředku na vlákenné struktuře v potu bylo provedeno pomocí přístroje Datacolor.

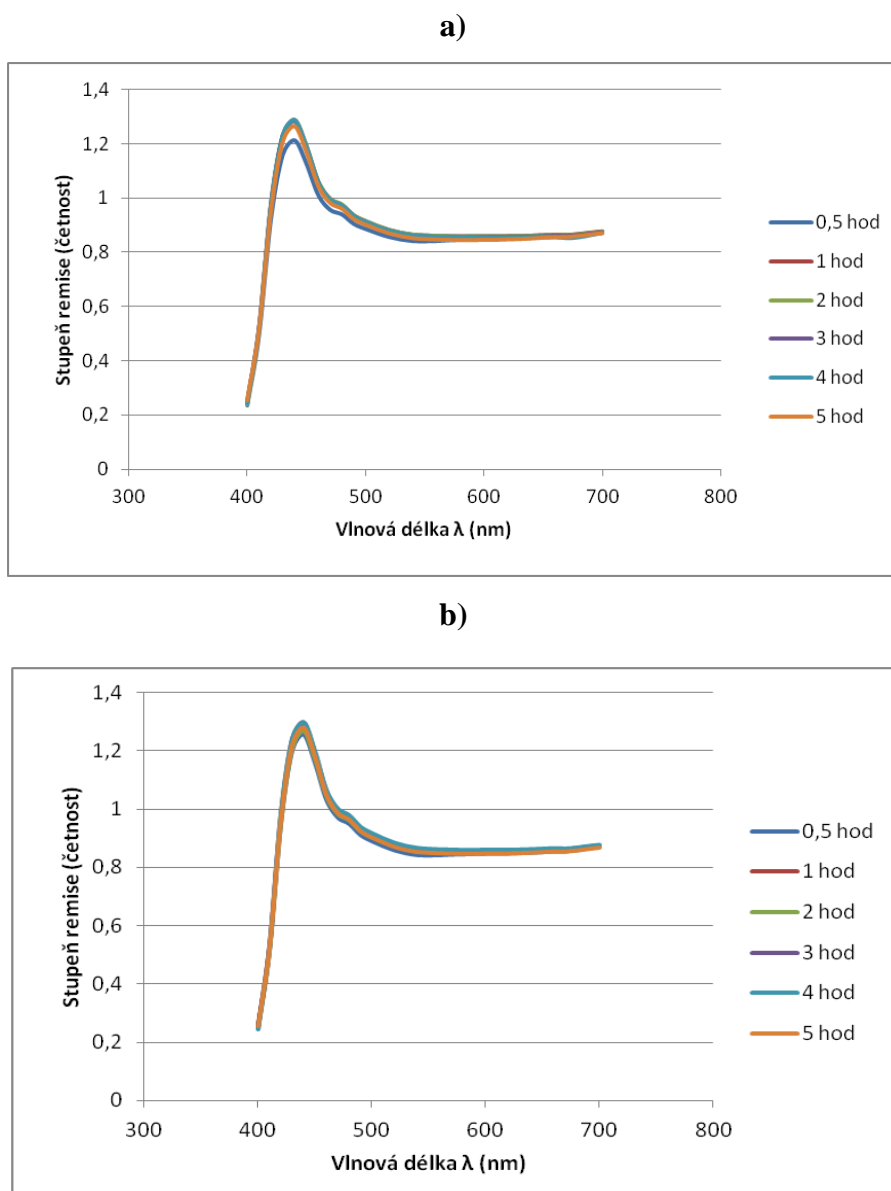
Měření bylo podrobena 6 vzorků vypraných s OZP na 40 °C po zkoušce stálosti v potu a 6 vzorků vypraných s OZP na 60 °C po zkoušce stálosti v potu.

Všechny vzorky měly rozměr 40 x 100 mm a každý ze vzorků byl měřen 4x na různých místech, následně byly hodnoty zprůměrovány. Z každého vzorku byly také získány hodnoty bělosti a remise. Tyto hodnoty byly dále zpracovány do následujících grafů. Kompletní soubor naměřených dat je součástí Příloh 2., 3.

Získaná data jsou zobrazena do grafů v podobě remisních křivek (viz Obrázek. 26). Na souřadnici OX je znázorněna stupnice vlnových délek záření, na souřadnici OY – odpovídající stupeň remise.

Obrázek 26 a) zachycuje vzorky prané při 40 °C po zkoušce v potu a obrázek b) vzorky při 60 °C po zkoušce v potu. Je patrné, že stupeň remise se během zkoušky stálosti

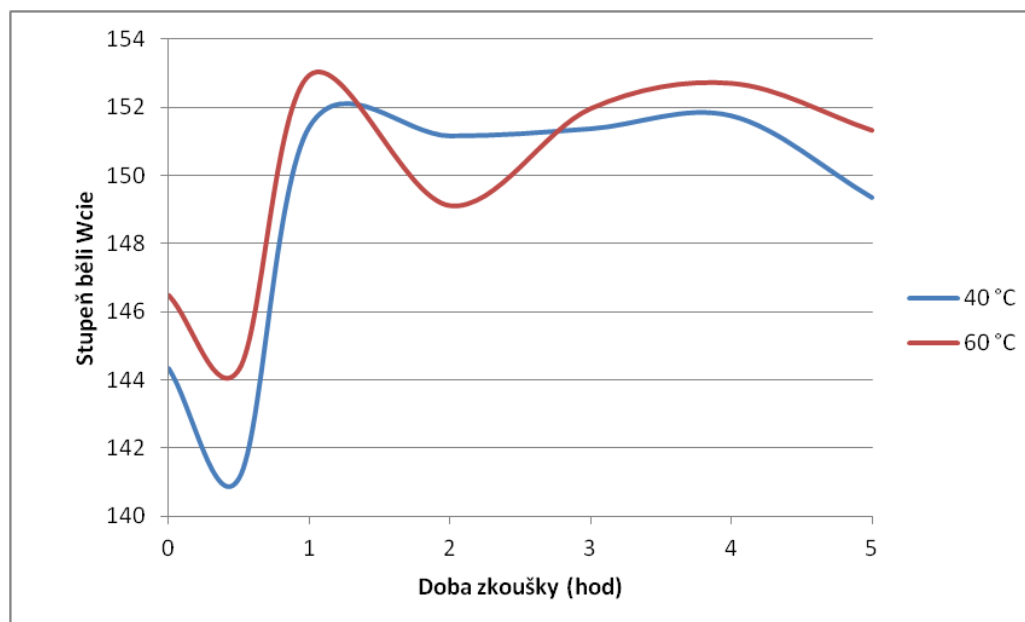
v potu malinko snížil, zejména u vzorků praných při 40 °C (Obrázek 26a). Na Obrázku 26a) vzorek po 5 hodinách v alkalickém prostředí dosahuje maxima remisní křivky 126 % při vlnové délce $\lambda = 440$ nm. Vzorek, po 0,5 hodině v alkalickém prostředí vykazuje remisi 121 %. Při vlnové délce $\lambda = 440$ nm Vzorek vypraný dvacetkrát vykazuje remisi 117 %. Na Obrázku 26 b) u vzorků praných při 60 °C po zkoušce stálosti v potu došlo jen k velmi mírnému poklesu remisních křivek.



Obrázek 26 - Remisní křivky textilie po zkoušce stálosti optického zjasňovače v potu a) praní při teplotě 40 °C; b) praní při 60 °C

Z Obrázku 27 je patrné, že stupeň běli pro oba teplotní režimy po zkoušce stálosti optického zjasňovače potu po první 0,5 hodině výrazně poklesl. To může být způsobeno chemickou reakcí mezi opticky zjasňujícím prostředkem a alkalickým roztokem. Během této reakce se účinek OZP snížil a došlo k poklesu běli.

Dále zřejmě došlo k novému navázání OZP na vláknennou strukturu a tím došlo po 1 hodině v alkalickém roztoku k navýšení běli. Je patrné, že průběh obou křivek (praní při 40 °C – modrá křivka, i při 60 °C – červená křivka) je podobný, avšak bělost vzorků praných při 60 °C po 2 hodinách v alkalickém prostředí klesá více. Po 3 hodinách v alkalickém prostředí došlo zase k mírnému nárůstu bělosti obou vzorků.



Obrázek 27 - Stupeň bělosti textlie v průběhu zkoušky stálosti v potu optického zjasňovače

5.4.2.3 Vyhodnocení bělosti doprovodných tkanin

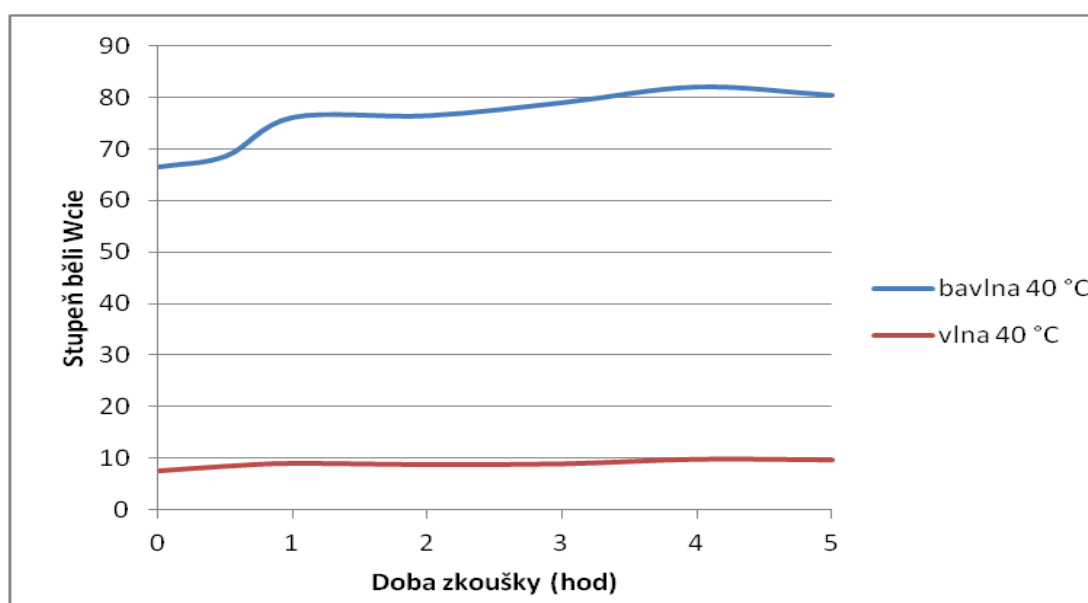
Pro celkové vyhodnocení zkoušky stálosti v potu bylo nutné změřit také stupně běli doprovodné bavlněné a vlněné tkaniny.

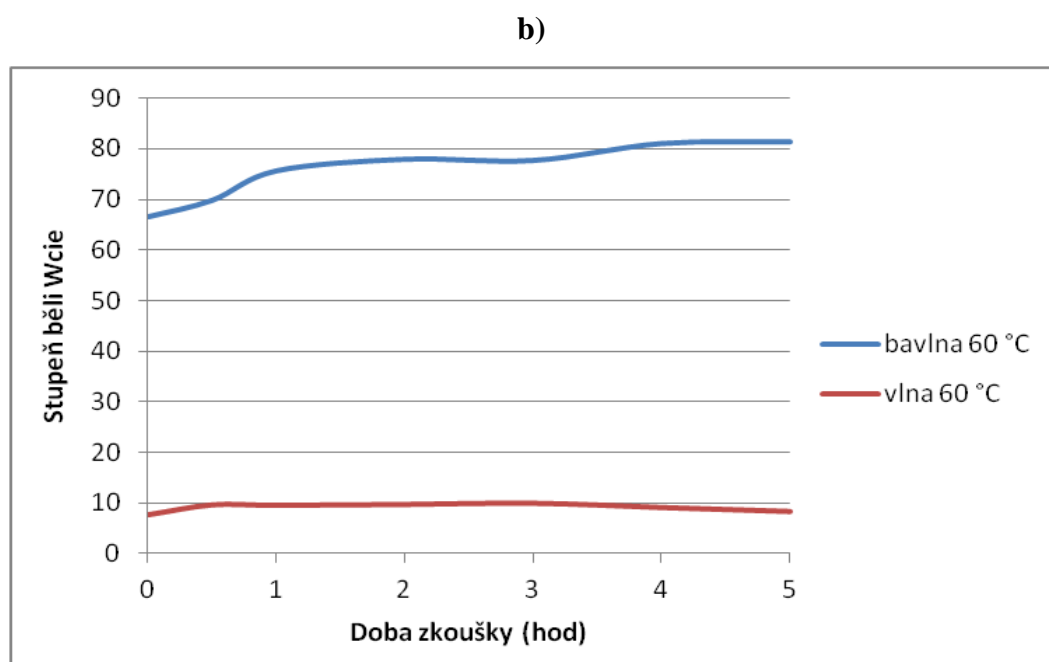
Z Obrázku 28 je patrné, že u doprovodných textilií dochází během zkoušky stálosti v potu k nárůstu stupně běli pouze u bavlny, u vlněné doprovodné tkaniny zůstal stupeň běli téměř konstantní a po dobu celé zkoušky (tzn. 5 hod) se zvýšil pouze o 2 jednotky.

V případě bavlněné doprovodné tkaniny po 5 hodinách zkoušky došlo k celkovému zvýšení běli o 13 jednotek. Z tohoto lze usuzovat, že v případě vrstvení textilií, kdy jedna z vrstev bude bavlněná textilie ošetřená optickým zjasňovačem, a okolní vrstvy budou bavlněné, působením potu bude docházet k prostupu OZP z ošetřené na neošetřené okolní vrstvy.

Z Obrázku 28 je patrné, že při obou teplotních režimech (po zkoušce stálosti vzorků v potu), dochází k podobnému průběhu nárůstu křivek.

a)





Obrázek 28 – Změna stupně bělosti doprovodných tkanin v průběhu zkoušky stálosti v potu optického zjasňovače

5.5 Stálost opticky zjasňujícího prostředku na světle

Zkouška stálosti optického zjasňovače na světle probíhala na přístroji Atlas UC – 327-2, typ UVCON. Přístroj UVCON je laboratorní zařízení určené ke zkoumání životnosti textilních útvarů vystavených alternativní expozici ultrafialového záření. Pomocí zrychleného testování je možné předpovědět účinek slunečního záření, kterému by textilie byla ve skutečnosti vystavena až po dobu několika měsíců na denním světle.

5.5.1 Popis experimentu

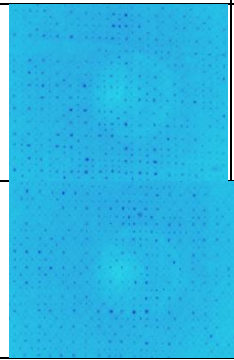
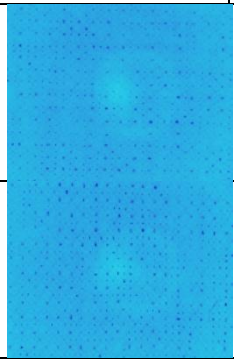
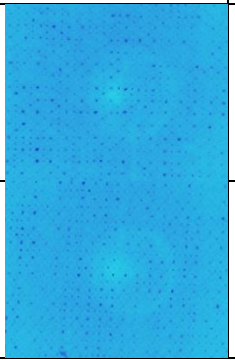
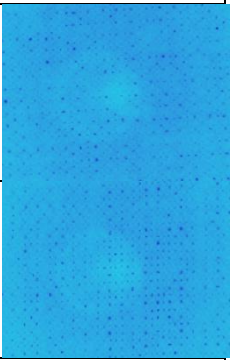
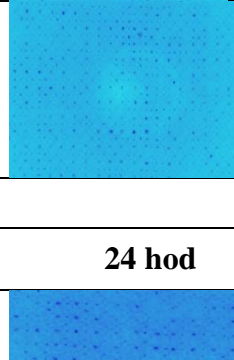
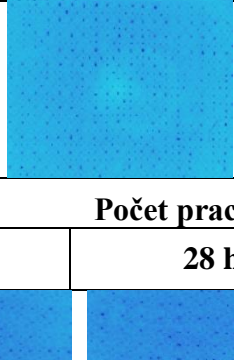
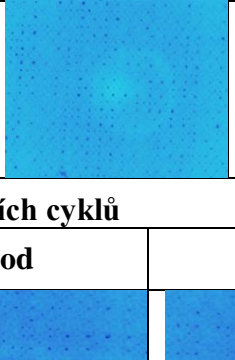
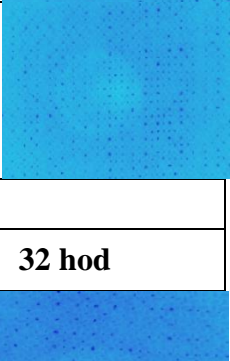
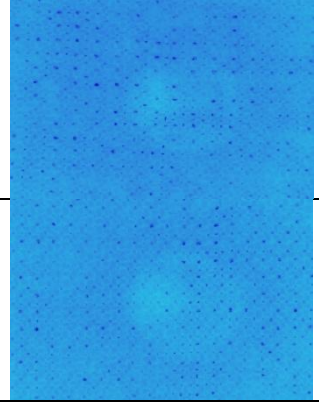
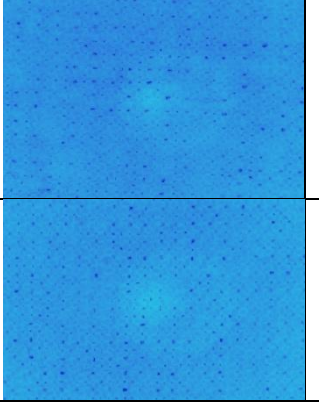
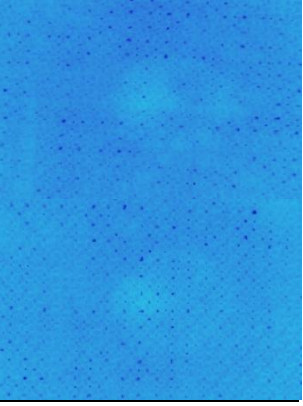
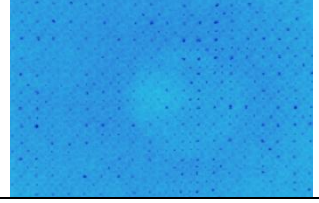
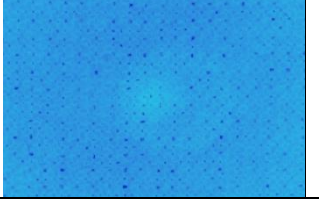
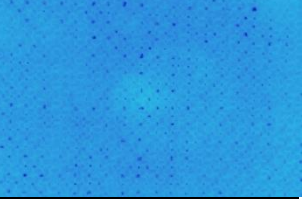
Zkouškám stálosti na světle byly vystaveny vzorky o velikosti 102 x 304 mm 20 krát předem prané v prací lázni (40 °C a 60 °C) s přidáním opticky zjasňujícího prostředku. Experiment probíhal 32 hodin. Po tuto dobu byly vzorky na přístroji UVCON vystaveny působení ultrafialového záření o rozsahu vlnových délek pod 350 nm. V průběhu zkoušky byly vzorky postupně odebírány a to po: 1, 4, 6, 8, 24, 28 a 32 hodinách. Vyhodnocení stálosti optického zjasňovače je součástí kapitoly 5.5.2.

5.5.2 Vyhodnocení

Jak je patrné z Tabulky 12 bělost a jas vzorků bavlněné tkaniny ošetřené v prací lázni OZP (40 °C a 60 °C) a vystavené UV záření má degradující tendenci.

Jak je zřejmé z obrázků, již po 6 hodinách na UV záření došlo ke ztrátě jasů vzorků. Avšak mezi vzorky pranými při teplotě 40 °C a 60 °C a vystavenými zkoušce stálosti na světle nejsou žádné značné rozdíly. Z obrázků v Tabulce 12 vyplývá, že po 32 hodinách vzorků pod UV zářením došlo ke značnému poklesu běli a jasů bavlněných tkanin.

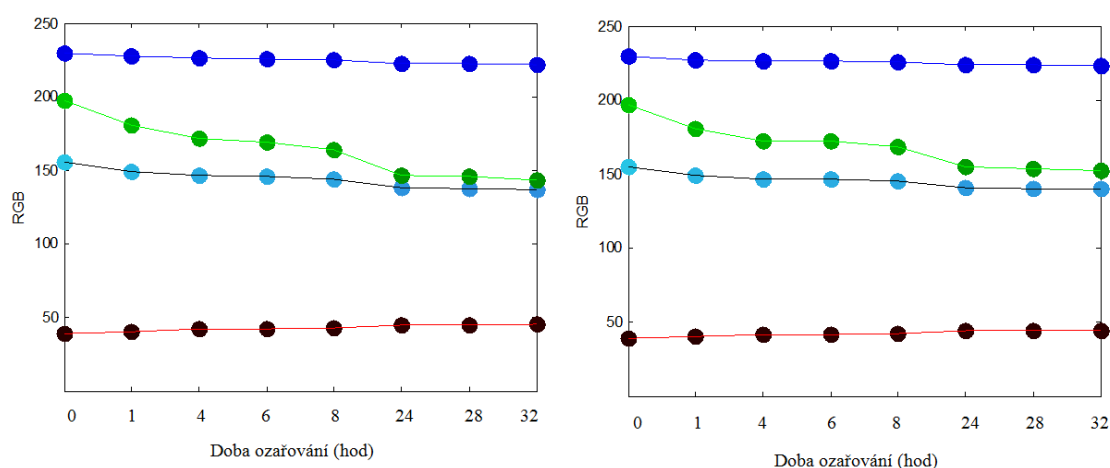
Tabulka 12 - Stálost optického zjasňovače na světle

Teplot a prací lázně	Počet pracích cyklů			
	1hod	4 hod	6 hod	8 hod
40 °C				
60 °C				
Teplot a prací lázně	Počet pracích cyklů			
	24 hod	28 hod	32 hod	
40 °C				
60 °C				

5.5.2.1 Vyhodnocení RGB a jasu textilie

Vyhodnocení probíhalo stejným způsobem, jak je popsáno v kapitole 5.2.1.2.1.

Z Obrázku 29 je vidět jak modrá a zelená složka RGB a jas vzorků s přibývajícím hodinami ozařování klesají. K minimálním změnám došlo u modré a červené složky RGB, jejich průběh lze spíše označit za konstantní. Podle grafů můžeme říci, že k degradaci vzorků dochází už po první hodině ozařování. Pokles hodnot zelené složky RGB se ustálil po 24 hodinách ozařování a do konce zkoušky hloubka zeleného kanálu RGB zůstávala konstantní. Totožných výsledků bylo dosaženo jak u tkanin ošetřených OZP při 40°C, tak i u vzorků tkanin původně vypraných na 60°C.



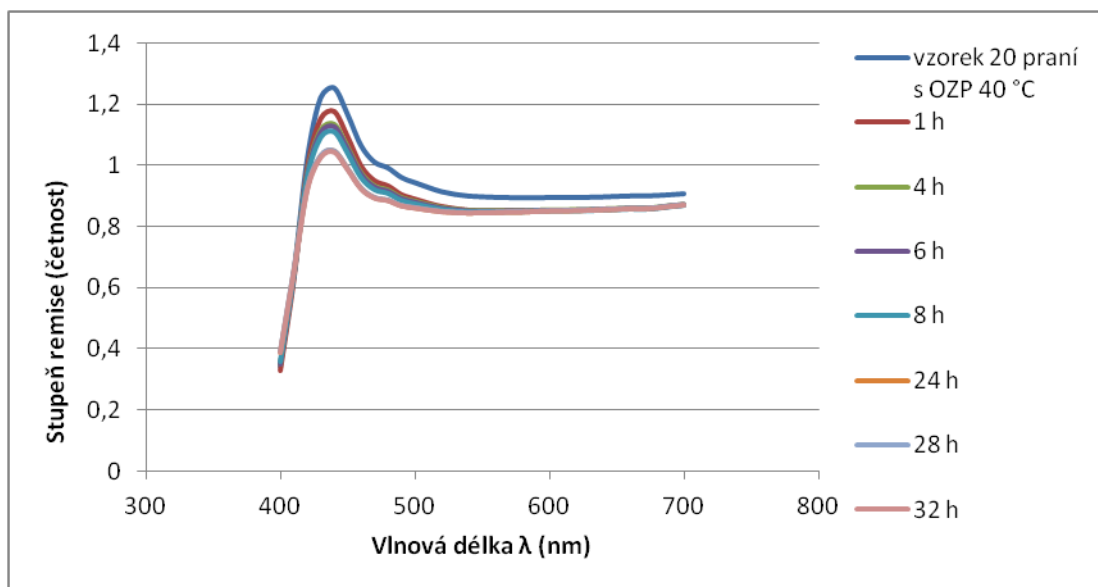
Obrázek 29 - Změna RGB a jasu textilie při stálosti na světle optického zjasňovače při teplotě pracích lázní 40°C (a) a 60°C (b)

5.5.2.2 Vyhodnocení remise a bělosti textilie přístrojem Datacolor

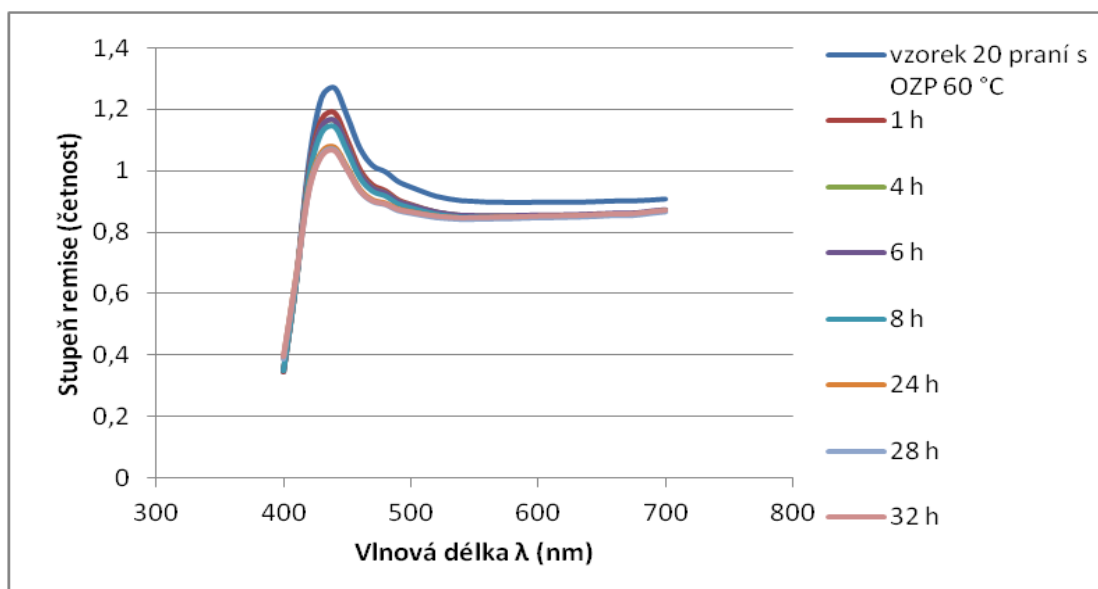
Na Obrázku 30 jsou znázorněny remisní křivky vzorků 20 krát ošetřených OZP při teplotách pracích lázní a) $T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a b) $T=60\text{ }^{\circ}\text{C}$ a následně ozářených na přístroji UVCON. Z grafu je jasné, že také zde dochází k zjevné degradaci OZP ve vzorcích. Je zřejmé, že s rostoucí dobou ozařování dochází k poklesu remise vzorků textilie. Stupeň remise se po 32 hodinách ozařování dostává na hodnotu remise vzorku, podrobeného jednomu pracímu cyklu v pracím prostředí s přidáním OZP.

Pokles remisních křivek je pro oba teplotní režimy podobný. U vzorků praných na 40 °C se hodnota remise po zkoušce stálosti na světle dostává z 122 % při vlnové délce 420 nm na 102 % při stejné vlnové délce. U vzorků praných při 60 °C remise klesá z 127 % při vlnové délce 440 nm na 104 %.

a)

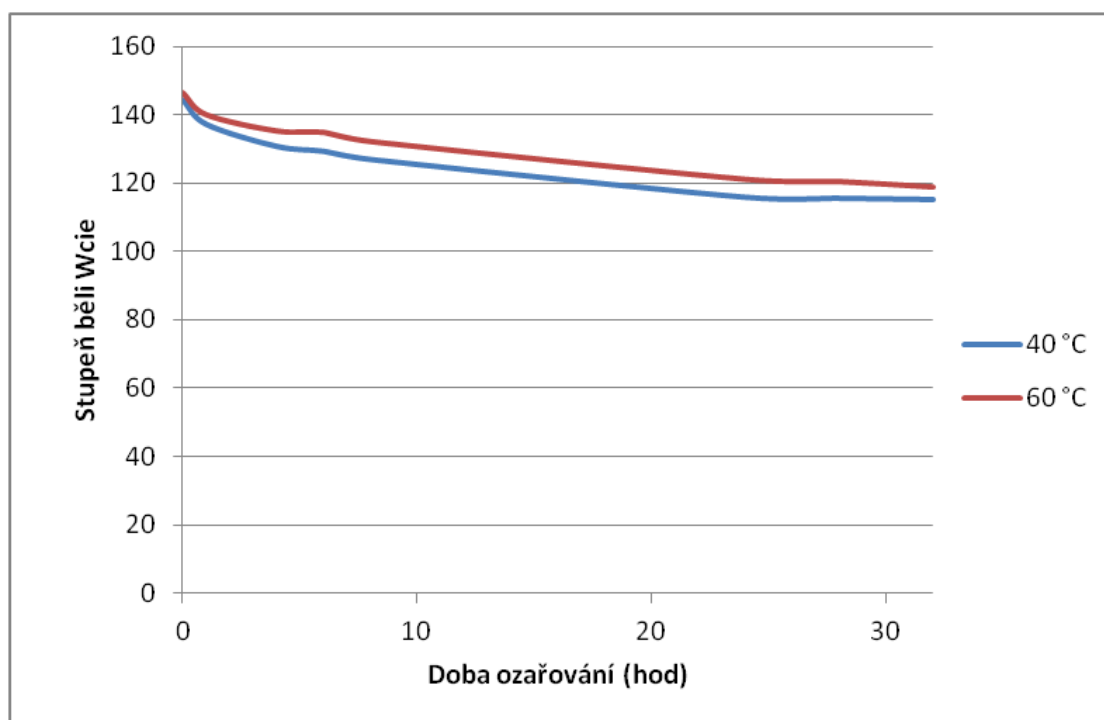


b)



Obrázek 30 - Remisní křivky textilie po zkoušce stálosti optického zjasňovače na světle a) praní při teplotě 40 °C; b) praní při 60 °C

Z Obrázku 31 je vidět jaký dopad mělo ozařování vzorků na jejich bělost. Stupeň běli se z hodnoty přibližně 145 po 32 hodinách ozařování dostal na hodnotu přibližně 118 u obou sérií vzorků (tzn. původně praných na 40°C a 60°C). Stupeň běli původní nebělené a neprané textilie (neošetřené optickým zjasňovačem) se pohyboval kolem hodnoty 80 (viz kapitola 5.2.1.2.2. Obr.16). Je zřejmé, že sluneční záření způsobuje degradaci optického zjasňovače na bavlněných tkaninách, v reálu dochází k poklesu běli textilie.

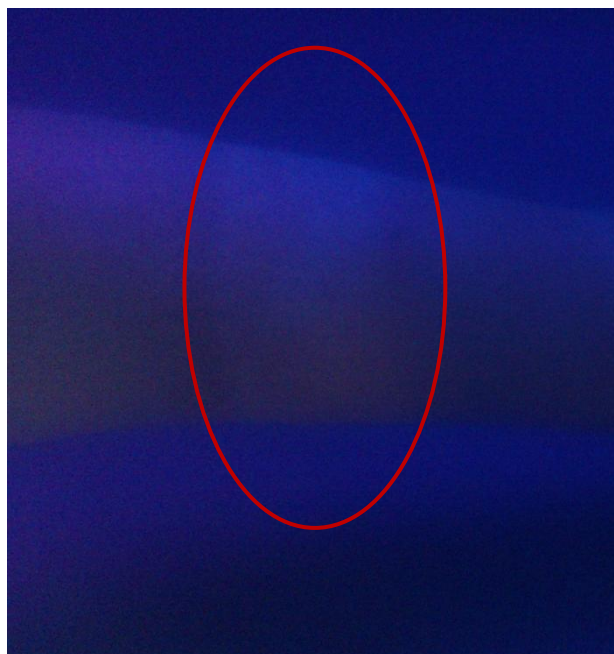


Obrázek 31 - Stupeň běli textilie v průběhu zkoušky stálosti na světle optického zjasňovače

5.6 Kontakt opticky zjasňujícího prostředku s pokožkou

Pro zajímavost byl navržen malý experiment, kdy 20 krát vypraný vzorek textilie v prací lázni s přidáním OZP při teplotě $T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$ byl navlhčen a umístěn na ruku, kde zůstal po dobu 1 hodiny. Poté byl pořízen obrázek ruky nasvícené pod ultrafialovou lampou (viz Obrázek 32). Jak je vidět, na ruce zůstal světlý pruh po vzorku. Při kontaktu vzorku textilie ošetřené OZP a pokožky došlo k migraci optického zjasňovače ze vzorku na pokožku.

Tento fakt a výsledky diskutované v kapitole 5.4 potvrzují domněnku, že OZP může být zdraví nebezpečné. Jak při působení potu na textilií ošetřenou OZP, tak i při samotném kontaktu ošetřeného vzorku s pokožkou dochází k částečné migraci optického zjasňovače ze vzorku ven. Pokud je vzorek v kontaktu s pokožkou, usazuje se na ni. Z toho vyplývá, že užívání pracích detergentů obsahujících OZP není vhodné pro osoby s citlivou pokožkou nebo pro děti.



Obrázek 32 - Pokožka ruky po hodinovém kontaktu s textilií ošetřené OZP

6 VYHODNOCENÍ A DISKUZE

Dle navržených experimentů lze konstatovat, že k sorpci opticky zjasňujících prostředků na bavlněné tkanině při obou zvolených teplotních režimech během pracích cyklů dochází velmi rychle. Při zkoušce kinetiky sorpce OZP během krátkého časového intervalu (po dobu 1 hod.) bylo zjištěno, že na působení OZP má velký vliv teplota. Ošetření vzorků textilie při teplotě $T=60\text{ }^{\circ}\text{C}$ textilie vykazovala vyšší jas a stupeň bělosti.

Vliv teploty se stává zanedbatelný, sledujeme-li průnik OZP do vlákenné struktury během opakovaného praní. Již po prvním pracím cyklu v laboratorní pračce byla tkanina viditelně jasnější a bělejší. Dále ke vzrůstu jasu a bělosti textilie během dalších dvaceti pracích cyklů docházelo pozvolna. Ani při dvaceti pracích cyklech se nárůst bělosti a jasu zcela nezastavil. Je zde prostor k navržení dalšího experimentu – tzn. sledovat změny v jasu a bělosti textilií po více než 20 pracích cyklech s přidavkem OZP. Při vypírání předem zjasněné tkaniny dochází k očekávanému poklesu bělosti a jasu, ovšem velice pomalu. Stupeň remise se během vypírání nesnižuje, avšak stupeň běli strmě klesá. Z těchto faktů se dá konstatovat, že optický zjasňovač není na vlákennou strukturu vázán nastálo. Během údržby takto upravených textilií dochází k vypírání OZP. Toto platí za podmínky, že prací lázeň obsahuje detergent bez přidavku OZP. Pokud je cílem zachovat vysokou bělost, ať už textilií nebo oděvů, je nutno ošetřovat textilní materiály pracím detergentem obsahujícím OZP a to nejlépe při každém praní.

Opticky zjasňující prostředky jsou v alkalickém roztoku relativně stálé. Nedochází zde ke značnému poklesu jasu ani běli textilie. Z měření doprovodných tkanin lze konstatovat, že při zkoušce stálosti OZP v potu přechází malé množství OZP ze zkoumaného vzorku do doprovodných tkanin. Stupeň bělosti bavlněné doprovodné tkaniny se se stoupající délkou zkoušky zvyšoval, u vlněné doprovodné tkaniny je tato změna nepatrná.

Při zkoumání stálosti OZP na umělém světle, bylo zjištěno, že již po 4 hodinách ozařování dochází ke značnému vyblednutí a nažloutnutí zkoušeného vzorku. Po 24 hodinách došlo k největšímu poklesu jasu textilie a stupňů běli, dále se hodnoty držely na relativně stejné úrovni. Z grafů remisních křivek lze usuzovat, že k degradaci vzorků opravdu dochází. Jejich remise postupně v závislosti na době trvání zkoušky klesá.

ZÁVĚR

Opticky zjasňující prostředky jsou speciální chemické látky, které se používají samostatně nebo jako přídatek pracích prostředků. Cílem této diplomové práce bylo zjistit, jak optické zjasňovače ovlivňují vzhled textilie a jaká je jejich odolnost vůči různým okolním vlivům. Teoretická rešerše pojednává o pracím procesu jako takovém: jeho typech a parametrech, dále definuje opticky zjasňující prostředky, jejich vlastnosti a hodnocení. V rešerši byly formulovány také pojmy sorpce a desorpce, které jsou v této práci spojovány s průnikem OZP z prací lázně do vlákenné struktury (sorpce). Desorpce byla simulována vypíráním OZP z textilie. Teoretickou část uzavírá kapitola o fluorescenci, která s identifikací opticky zjasňujících prostředků úzce souvisí.

Dílčím cílem diplomové práce bylo prozkoumat stálosti opticky zjasňujících prostředků na vlákenné struktuře. K tomuto bylo sestaveno několik experimentů, zkoumala se stálost optického zjasňovače na bavlněné tkanině, hodnotily se vždy změny jasu a bělosti textilie, posuzovala se remise. Optické zjasňující prostředky jsou chemikálie, které jsou v domácnostech při běžné údržbě oděvů velmi nápomocné. Slouží k dosažení vysoké bělosti ošetřovaných textilií, avšak během běžného užívání oděvů se jejich účinek vytrácí. Pokud je záměrem uchovat vysokou bělost textilií, je nutno používat prací prášky s opticky zjasňujícími prostředky při každém praní, jinak dojde k výraznému poklesu až už bělosti nebo jasu oděvů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KRYŠTŮFEK, J.; MACHAŇOVÁ, D.; ODVÁRKA, J.; PRÁŠIL, M.: *Technologie zušlechtování*. Liberec: skriptum TU Liberec, 2002. ISBN 80-7083-560-5.
- [2] Princip a fáze pracího procesu. *Škola textilu* [online]. [cit. 2012-03-10]. Dostupné z: <http://www.skolertextilu.cz/zus/index.php?page=9>
- [3] MACHAŇOVÁ, D.: *Předúprava textilií I*. Liberec: skriptum TU Liberec, 2008
- [4] ZAHRADNÍK, M. *Výroba a použití opticky zjasňujících prostředků*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1979. ISBN 04-623-79.
- [5] KUČERA, P.: *Použití přírodních pracích prostředků v údržbě velmi zatěžovaných textilií*. Diplomová práce, FT, TUL, Liberec 2011
- [6] KRYŠTŮFEK, J.; WIENER J.: *Barvení textilií I*. Liberec: skriptum TU Liberec, 2008. ISBN 978-80-73-72-328-6.
- [7] VIK, M.: *Základy měření barevnosti I. díl*. Liberec: skriptum TU Liberec, 1995. ISBN 80-7083-162-6.
- [8] HLADÍK, V.: *Textilní barvířství*. 1. Praha: Mír, 1982. ISBN 04-809-82.
- [9] LACASSE, K.; BAUMANN, W.: *Textile Chemicals: Enviromental Data and Facts*. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004. ISBN 3-540-40815-0.
- [10] NIIR Board of consultants & engineers: *The complete book on natural dyes & pigments*. [on-line]. Delhi: National institute of industrial research. [cit. 2011-12-15]. Dostupné z: http://books.google.com/books?id=wG8cLCAJr2cC&dq=the+complete+book+on+natural+dyes+and+pigments&printsec=frontcover&source=bn&hl=en&ei=CLYWSO6H8WOsAaylpGRAG&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4#v=onepage&q=the%20complete%20book%20on%20natural%20dyes%20and%20pigments&f=false

- [11] TIKI, A.; AMIN, A.; KANWAL, A.: *Chemistry of optical brighteners and uses in textile industries*. In: Pakistan Textile Journal [online]. 2010 [cit. 2011-11-28]. Dostupné z: <http://ptj.com.pk/Web-2010/07-10/Practical-AVM.htm>
- [12] Discover UVITEX® World. *The Handbook of Fluorescent Whitening of Textiles*. Hunstman textile effects (Germany) GmbH. September 2006. Pub. no.:7600014E.
- [13] CARR, CH.M: *Chemistry of textile industry* [online]. London: Springer, 1995 [cit. 2012-02-18]. ISBN 0751400548. Dostupné z: http://books.google.cz/books?id=e9Uy3umkVmUC&pg=PP1&dq=chemistry+of+the+textiles+industry&client=firefox-a&redir_esc=y#v=onepage&q=chemistry%20of%20the%20textiles%20industry&f=false
- [14] AVM CHEMICAL INDUSTRIES.: *Chemistry of Optical Brightener and uses in Textile Industries and its Mechanism*. In: Avmchemical.com [online]. 2009 [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: <http://www.avmchemical.com/data/uploads/articles/article-3chemistry-of-optical-brightener-and-uses-of-in-te.doc>
- [15] HIMADRI, P.: *Fluorescent brighteners and optical whitening agents*. *Science Tech Entrepreneur* [online]. [cit. 2011-12-17]. Dostupné z: http://www.technopreneur.net/information-desk/sciencetech-magazine/2006/july06/Fluorescent_brighteners.pdf
- [16] SOUZA, D. M.: *Fabric care*. [on-line]. New Delhi: New Age International Limited Publishers, 1998. [cit. 2011-12-17]. Dostupné z <http://books.google.com/books?id=LA0NdnTHmLMC&printsec=frontcover&client=firefox-a#v=onepage&q&f=false> ISBN: 8122411436
- [17] MACHAŇOVÁ, D.: *Předúprava textilií II*. 1. Liberec: skriptum TU Liberec, 2005. ISBN 80-7083-971-6.
- [18] LITTLEFIELD, J.: *Beyond sunscreen lotion*. Arizona agricultural experiment station research report. [on-line]. 2003 [cit. 2012-02-18] Dostupné z: http://cals.arizona.edu/pubs/general/resrpt2003/article9_2003.html

- [19] BLAŽKOVÁ, J.: *Identifikace opticky zjasňovacího prostředku na textilních materiálech pomocí fluorescence*. Bakalářská práce, FT, TUL, Liberec 2009
- [20] Army vompat uniform statemaster [on-line]. [cit. 2012-01-17] Dostupné z: <http://www.statemaster.com/encyclopedia/Army-Combat-Uniform>
- [21] BARBORÍKOVÁ, M.: *Ošetření textilních materiálu opticky zjasňovacími prostředky*. Bakalářská práce, FT, TUL, Liberec 2010
- [22] RGB. Wikipedie.:*RGB*. [online]. 2.2.2012 [cit. 2012-02-30]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/RGB>
- [23] JOHANNES, B.; CANONICA, S.; HOIGNÉ J.: *Degradation of Fluorescent Whitening Agents in Sunlight Natural Waters*. Environmental science and technology [online]. 1996 [cit. 2012-02-19]. Dostupné z: https://www1.ethz.ch/ibp/people/hofthoma/Teaching/csec/p_dsbp1.pdf
- [24] WEEKLY, A. Optical Brighteners: *Are Your Clothes as Clean as They Appear?* Yahoo voices [online]. 2007[cit. 2012-02-19]. Dostupné z: <http://voices.yahoo.com/optical-brighteners-clothes-as-clean-as-they-366187.html>
- [25] Optical brighteners. In: OECOTEXTILES [online]. 2010 [cit. 2012-02-19]. Dostupné z: <http://oecotextiles.wordpress.com/2010/07/14/optical-brighteners/>
- [26] Optical Brighteners. In: Mufong [online]. 1999 [cit. 2012-02-18]. Dostupné z: http://www.mufong.com.tw/Ciba/ciba_guid/optical_brighteners.pdf
- [27] Luminiscence. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-02-17]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Luminiscence>
- [28] DEMBICKÝ, J.; KRYŠTŮFEK, J.; MACHAŇOVÁ, D.; ODVÁRKA, J.; PRÁŠIL, M.; WIENER, J.: *Zušlechtování textilií*. Liberec: skriptum TU Liberec, 2008. ISBN 978-80-7372-321-7.
- [29] GUILBAULT, G.G.: *Practical fluorescence*. [on-line]. New York: CRC Press, 1990. [cit.2011-11-19] Dostupné z: <http://books.google.cz/books?id=7eI3AVl4dDsC&dq=practical+fluorescence&printsec>

[=frontcover&source=bn&hl=en&ei=D7UWSr_wE8SD_AbV7oT1DA&sa=X&oi=book_result&ct=result&redir_esc=y#PPT1,M1](#)

[30] Optické zjasňovací prostředky. TEXSITE.info [online]. 2006 [cit. 2012-02-17].

Dostupné z: http://sk.texsite.info/Optick%C3%A9_zjas%C5%88ovacie_prostriedky

[31] ČSN EN ISO 6330:.. Textilie. Postupy domácího praní a sušení pro zkoušení textilií

[32] Fluorescence. In: Mikroskop-mikroskopy [online]. 2008 [cit. 2012-02-18].

Dostupné z: <http://www.mikroskop-mikroskopy.cz/fluorescence/>

[33] ČSN EN ISO 105 E04:.. Textilie. Zkoušky stálobarevnosti

PŘÍLOHA 1 – ALGORITMUS PRO VÝPOČET OBRAZU RGB A INTENZITY SVÍCENÍ

```
clear,clc,close all
n='.jpg';
rgb=[];
figure
for i=10:73
    I1=imread([num2str(i) n]);
    rgbi=[mean2(I1(:,:,1)) mean2(I1(:,:,2)) mean2(I1(:,:,3))];
    rgb=[rgb; rgbi];

    plot(i,mean(rgbi),'o','MarkerFaceColor',rgbi/255,'MarkerEdgeColor',rgb
i/255,'MarkerSize',10),hold on
        plot(i,(rgb(1)), 'o','MarkerFaceColor',[rgb(1)/255 0 0], 'MarkerEdgeColor',[rgb(1)/255 0 0], 'MarkerSize',10)
        plot(i,(rgb(2)), 'o','MarkerFaceColor',[0 rgb(2)/255 0], 'MarkerEdgeColor',[0 rgb(2)/255 0], 'MarkerSize',10)
        plot(i,(rgb(3)), 'o','MarkerFaceColor',[0 0 rgb(3)/255], 'MarkerEdgeColor',[0 0 rgb(3)/255], 'MarkerSize',10)
end
plot(10:73,mean(rgb,2),'k')
plot(10:73,(rgb(:,1)),'r')
plot(10:73,(rgb(:,2)),'g')
plot(10:73,(rgb(:,3)),'b')
```

PŘÍLOHA 2 – REMISE V ZÁVISLOSTI NA VLNOVÝCH DÉLKÁCH MĚŘENÁ ZAŘÍZENÍM DATACOLOR

Kinetika sorpce 40 °C															
Vlnová délka	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540
0	0,731351	0,752969	0,770024	0,783747	0,794714	0,803865	0,81243	0,81946	0,827313	0,833334	0,838787	0,84425	0,848068	0,852153	0,855068
5 min	0,650774	0,786898	0,872192	0,90139	0,904469	0,882365	0,862166	0,852362	0,851989	0,848359	0,848798	0,848501	0,848259	0,84912	0,849865
10 min	0,676401	0,810531	0,886808	0,909903	0,911451	0,888944	0,868762	0,859451	0,858954	0,85507	0,855454	0,855009	0,854979	0,855348	0,856189
20 min	0,591175	0,8239	0,972132	1,012796	1,008335	0,95954	0,914362	0,891167	0,884416	0,872575	0,868581	0,864147	0,860433	0,858934	0,85812
30 min	0,614857	0,81678	0,940907	0,97629	0,973298	0,932904	0,896522	0,877912	0,873712	0,864369	0,862122	0,859296	0,856875	0,856232	0,855533
60 min	0,625251	0,796791	0,916931	0,957072	0,957088	0,921371	0,888876	0,87242	0,868148	0,860191	0,858032	0,855498	0,853684	0,852985	0,852713

550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700
0,858295	0,861087	0,863872	0,86624	0,868668	0,870898	0,872105	0,872922	0,874062	0,875273	0,87702	0,878865	0,879032	0,880902	0,883296	0,88673
0,852232	0,854315	0,856683	0,85806	0,86016	0,861763	0,862321	0,863309	0,864389	0,866405	0,868071	0,870377	0,870327	0,872391	0,875793	0,87817
0,858377	0,860123	0,86175	0,863085	0,865243	0,866853	0,867344	0,868254	0,869141	0,870798	0,871941	0,874058	0,873653	0,875386	0,878498	0,880637
0,859468	0,860627	0,861963	0,863032	0,864841	0,866347	0,866713	0,867384	0,868421	0,870218	0,870977	0,873203	0,873013	0,874573	0,87764	0,880231
0,857034	0,858144	0,859835	0,860516	0,862504	0,863828	0,864001	0,864786	0,865762	0,867484	0,869016	0,871603	0,871488	0,873567	0,877053	0,879684
0,854498	0,856097	0,857452	0,858198	0,859768	0,860785	0,860825	0,861388	0,862166	0,864312	0,866388	0,869625	0,870226	0,872807	0,876636	0,879395

Kinetika sorpce 60 °C															
Vlnová délka	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540
0	0,731351	0,752969	0,770024	0,783747	0,794714	0,803865	0,81243	0,81946	0,827313	0,833334	0,838787	0,84425	0,848068	0,852153	0,855068
5 min	0,655295	0,79189	0,882143	0,911725	0,914997	0,890815	0,868913	0,858875	0,85784	0,853265	0,853871	0,85387	0,85422	0,855389	0,856488
10 min	0,615761	0,821417	0,958784	0,99836	0,995509	0,950747	0,909637	0,888546	0,88234	0,871479	0,868202	0,864283	0,861466	0,860506	0,859939
20 min	0,569372	0,824384	1,005857	1,05766	1,051377	0,992107	0,93674	0,907551	0,898388	0,882827	0,876711	0,870437	0,865479	0,862958	0,861165
30 min	0,459437	0,750402	1,015401	1,112955	1,113227	1,037969	0,964863	0,926347	0,912764	0,891708	0,881791	0,872951	0,865358	0,860762	0,85823
60 min	0,421343	0,718249	1,003171	1,110508	1,113638	1,036385	0,959359	0,919504	0,906014	0,884235	0,874581	0,865242	0,857944	0,853401	0,850739

550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700
0,858295	0,861087	0,863872	0,86624	0,868668	0,870898	0,872105	0,872922	0,874062	0,875273	0,87702	0,878865	0,879032	0,880902	0,883296	0,88673
0,859887	0,862886	0,865446	0,866707	0,869074	0,870753	0,871384	0,872663	0,873507	0,875113	0,876361	0,878182	0,877923	0,879311	0,882548	0,884795
0,861576	0,863161	0,864784	0,865575	0,867178	0,868468	0,868954	0,869568	0,870251	0,871962	0,873144	0,875798	0,875808	0,877933	0,881375	0,883578
0,862357	0,862997	0,864165	0,864713	0,866239	0,867434	0,867714	0,868537	0,869237	0,87093	0,872039	0,874596	0,87426	0,876128	0,87959	0,881765
0,858207	0,85824	0,858752	0,858907	0,860083	0,861062	0,860823	0,861018	0,861968	0,864175	0,866042	0,86961	0,870592	0,873229	0,877378	0,88012
0,85089	0,851076	0,85142	0,850892	0,851769	0,852057	0,851645	0,851953	0,852698	0,855575	0,858429	0,863388	0,865603	0,869304	0,874176	0,877193

Sorpce a desorpce opticky zjasňujícího prostředku vláknými strukturami

Data sorpce 40 °C															
Vlnová délka	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540
0 prání	0,731351	0,752969	0,770024	0,783747	0,794714	0,803865	0,81243	0,81946	0,827313	0,833334	0,838787	0,84425	0,848068	0,852153	0,855068
1 prání	0,597807	0,81471	0,973892	1,023446	1,024376	0,978943	0,933332	0,910225	0,904367	0,892456	0,887076	0,882646	0,877915	0,875969	0,875228
2 prání	0,546269	0,80309	1,018201	1,095254	1,094105	1,032578	0,971665	0,939886	0,929022	0,911962	0,903277	0,895495	0,888064	0,884658	0,88259
3 prání	0,508736	0,782389	1,025009	1,11633	1,120734	1,055129	0,987692	0,952184	0,940733	0,921895	0,912301	0,903129	0,894931	0,89055	0,888003
4 prání	0,496036	0,769112	1,01089	1,102137	1,106617	1,042403	0,976119	0,941851	0,931253	0,913042	0,904128	0,895486	0,887805	0,883791	0,881783
5 prání	0,455223	0,750845	1,039096	1,156275	1,163874	1,089551	1,011452	0,970182	0,956337	0,933592	0,921742	0,910803	0,900958	0,895266	0,892086
10 prání	0,410759	0,716728	1,033043	1,172058	1,183391	1,104563	1,019671	0,97483	0,959785	0,934786	0,921815	0,909982	0,899799	0,893579	0,89016
15 prání	0,378549	0,684943	1,024944	1,187149	1,205238	1,124272	1,034707	0,986531	0,970688	0,94411	0,929718	0,916569	0,904586	0,897691	0,893532
20 prání	0,340229	0,644399	1,019833	1,221605	1,253889	1,167214	1,065318	1,011018	0,992032	0,960815	0,943589	0,927887	0,913913	0,905083	0,899613

550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700
0,858295	0,861087	0,863872	0,86624	0,868668	0,870898	0,872105	0,872922	0,874062	0,875273	0,87702	0,878865	0,879032	0,880902	0,883296	0,88673
0,875709	0,876428	0,877402	0,878375	0,879672	0,881024	0,881667	0,882502	0,883295	0,884291	0,886797	0,888228	0,888677	0,890466	0,893506	0,89672
0,882503	0,882151	0,882875	0,883407	0,884197	0,885391	0,886228	0,886821	0,887455	0,8887	0,890822	0,892503	0,892739	0,894623	0,897418	0,900564
0,887773	0,887388	0,887743	0,887822	0,888614	0,8897	0,890375	0,890828	0,891432	0,892393	0,894539	0,896143	0,89609	0,898173	0,900808	0,904064
0,88183	0,881496	0,882281	0,882633	0,883438	0,884737	0,885325	0,886049	0,886519	0,887894	0,890308	0,892025	0,892018	0,893964	0,896691	0,899955
0,891176	0,890407	0,890452	0,890377	0,891056	0,891821	0,892321	0,892827	0,893266	0,894256	0,896321	0,897979	0,898088	0,899906	0,902585	0,905755
0,88921	0,888547	0,889226	0,889175	0,89	0,891193	0,892104	0,892598	0,893244	0,894331	0,896387	0,897923	0,897903	0,899793	0,902538	0,905564
0,892075	0,890957	0,890858	0,890779	0,891376	0,892667	0,892996	0,893573	0,894053	0,895013	0,897215	0,898607	0,898555	0,900404	0,903391	0,906747
0,897131	0,895422	0,894717	0,894097	0,894224	0,894997	0,895255	0,895457	0,895782	0,896707	0,898471	0,899844	0,899805	0,901582	0,904094	0,907218

Data sorpce 60 °C															
Vlnová délka	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540
0 prání	0,731351	0,752969	0,770024	0,783747	0,794714	0,803865	0,81243	0,81946	0,827313	0,833334	0,838787	0,84425	0,848068	0,852153	0,855068
1 prání	0,671377	0,83603	0,941384	0,975381	0,973994	0,941286	0,910586	0,895537	0,892374	0,885689	0,883407	0,881355	0,878807	0,878401	0,878799
2 prání	0,626007	0,83313	0,982313	1,032622	1,030179	0,983819	0,94018	0,91811	0,911841	0,900291	0,895448	0,891106	0,886554	0,884584	0,884281
3 prání	0,574816	0,823433	1,023097	1,093123	1,089617	1,029816	0,971592	0,940726	0,931139	0,915228	0,907664	0,900223	0,893839	0,890729	0,889219
4 prání	0,530394	0,80639	1,050678	1,144091	1,143392	1,072427	1,002154	0,964257	0,951171	0,930832	0,920511	0,911007	0,902368	0,897676	0,895333
5 prání	0,489957	0,781926	1,060348	1,175227	1,177524	1,099155	1,020617	0,978129	0,96346	0,940829	0,928566	0,917407	0,907315	0,902096	0,898928
10 prání	0,42408	0,730341	1,058197	1,209632	1,218674	1,131686	1,041186	0,992238	0,975017	0,948073	0,933666	0,920654	0,909354	0,902474	0,898617
15 prání	0,377831	0,684524	1,045065	1,227963	1,248261	1,157314	1,058482	1,005416	0,986061	0,956475	0,940161	0,925311	0,912361	0,9045	0,899515
20 prání	0,342768	0,645184	1,028215	1,239962	1,271011	1,178594	1,073636	1,016756	0,996701	0,964741	0,946765	0,930709	0,916608	0,907866	0,902171

550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700
0,858295	0,861087	0,863872	0,86624	0,868668	0,870898	0,872105	0,872922	0,874062	0,875273	0,87702	0,878865	0,879032	0,880902	0,883296	0,88673
0,880153	0,881069	0,882315	0,883184	0,884569	0,885754	0,886659	0,887421	0,887912	0,88894	0,890697	0,892183	0,89222	0,894093	0,896444	0,899183
0,885178	0,885477	0,886766	0,88748	0,88851	0,889608	0,890578	0,89097	0,89148	0,892386	0,89394	0,895235	0,895177	0,896637	0,899176	0,902047
0,889448	0,889648	0,890133	0,890588	0,89155	0,892818	0,893154	0,893712	0,894121	0,895184	0,896837	0,898084	0,898061	0,89965	0,901665	0,904779
0,894699	0,89408	0,8944	0,894511	0,8949	0,895787	0,896436	0,896631	0,896903	0,897511	0,899199	0,900335	0,900213	0,902036	0,904099	0,906812
0,897676	0,896952	0,896899	0,896627	0,89715	0,898039	0,898419	0,898786	0,898874	0,89944	0,900898	0,902181	0,901736	0,903707	0,905864	0,908453
0,897085	0,89562	0,895572	0,895136	0,895697	0,896514	0,896621	0,896704	0,896803	0,897712	0,899571	0,900943	0,900733	0,902364	0,904663	0,907737
0,897289	0,895434	0,895014	0,894296	0,894568	0,894975	0,895087	0,895257	0,895396	0,896047	0,898011	0,899439	0,899409	0,901498	0,904158	0,907067
0,899959	0,89781	0,897274	0,896435	0,896513	0,897175	0,897201	0,897126	0,897277	0,898152	0,899734	0,900997	0,901018	0,902371	0,90487	0,907656

Data desorpce 40 °C															
Vlnová délka	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540
1 vyprání	0,267377	0,555847	0,982637	1,227065	1,283224	1,195106	1,079614	1,021974	1,002676	0,967375	0,947778	0,930906	0,915882	0,906607	0,900342
2 vyprání	0,280762	0,573094	0,995524	1,236834	1,288562	1,199449	1,084294	1,026088	1,006058	0,970476	0,950749	0,933939	0,918957	0,909297	0,903142
3 vyprání	0,28764	0,575435	0,984377	1,213161	1,263194	1,177496	1,068329	1,013129	0,994641	0,961004	0,942777	0,927231	0,913192	0,904949	0,899173
4 vyprání	0,298027	0,588531	0,990671	1,215841	1,261962	1,174314	1,066618	1,011919	0,993655	0,960571	0,942965	0,927501	0,913754	0,905522	0,900232
5 vyprání	0,309024	0,598138	0,993803	1,216956	1,262441	1,175426	1,068668	1,013707	0,995031	0,962266	0,944531	0,928712	0,914792	0,906521	0,900826
10 vyprání	0,324453	0,611595	0,99043	1,196134	1,235713	1,151128	1,049915	0,998663	0,981481	0,951179	0,934922	0,921073	0,908779	0,90158	0,896893
15 vyprání	0,327104	0,608949	0,978628	1,178951	1,217884	1,135841	1,037777	0,988148	0,972188	0,943016	0,927981	0,914894	0,903033	0,896441	0,892304
20 vyprání	0,334894	0,615733	0,980209	1,173589	1,210661	1,129243	1,032762	0,983997	0,967858	0,939407	0,924865	0,912034	0,900734	0,894507	0,890596

550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700
0,897922	0,896041	0,894757	0,894199	0,894592	0,895092	0,895285	0,895663	0,896276	0,896961	0,898221	0,899709	0,899974	0,901554	0,90422	0,907645
0,900475	0,898889	0,897492	0,896601	0,897014	0,897411	0,897501	0,897816	0,898385	0,898761	0,900123	0,901521	0,901835	0,903234	0,905704	0,909352
0,896888	0,895491	0,89474	0,894289	0,894836	0,895447	0,895668	0,896217	0,897012	0,897504	0,89921	0,900476	0,900636	0,901964	0,904494	0,908465
0,898239	0,897063	0,896083	0,895776	0,896421	0,897224	0,897686	0,898243	0,898969	0,899374	0,900997	0,902161	0,902162	0,903505	0,905699	0,909812
0,898693	0,89721	0,896168	0,895779	0,89638	0,89693	0,897184	0,897772	0,898353	0,898836	0,90012	0,901458	0,901655	0,903093	0,905623	0,909126
0,895363	0,894745	0,894107	0,894047	0,894943	0,896011	0,896673	0,89735	0,897926	0,89869	0,90022	0,901753	0,901712	0,902923	0,905532	0,909671
0,891345	0,890807	0,890404	0,890558	0,891525	0,892755	0,893204	0,894064	0,894871	0,895738	0,897571	0,89938	0,899575	0,901157	0,904151	0,907945
0,88983	0,889263	0,889278	0,889789	0,890762	0,891924	0,892627	0,893415	0,894326	0,895173	0,896955	0,898669	0,899263	0,901313	0,90407	0,908413

Data desorpce 60 °C															
Vlnová délka	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540
1 vyprání	0,303554	0,592476	0,998074	1,235965	1,286094	1,195323	1,083112	1,025814	1,005763	0,971197	0,952162	0,935905	0,921111	0,912263	0,906567
2 vyprání	0,301815	0,589788	0,996988	1,234993	1,285502	1,194443	1,081456	1,024487	1,004755	0,969819	0,950991	0,934711	0,920428	0,911821	0,905786
3 vyprání	0,309674	0,596717	0,992996	1,221253	1,268408	1,178434	1,068715	1,013563	0,994483	0,961197	0,94342	0,927974	0,914513	0,90634	0,901099
4 vyprání	0,315498	0,598242	0,991073	1,21906	1,266468	1,177289	1,068555	1,013738	0,995097	0,962214	0,944256	0,929094	0,915589	0,907676	0,902483
5 vyprání	0,32209	0,604601	0,988711	1,206822	1,250292	1,163512	1,058767	1,005881	0,987689	0,956343	0,939607	0,925047	0,912323	0,905068	0,90023
10 vyprání	0,323997	0,597458	0,971317	1,184754	1,230415	1,14814	1,047496	0,996607	0,980353	0,950482	0,934647	0,921306	0,90911	0,902221	0,89783
15 vyprání	0,349664	0,634247	0,998106	1,193305	1,224319	1,139627	1,042064	0,99196	0,975173	0,946244	0,931071	0,917641	0,905932	0,89985	0,895901
20 vyprání	0,354749	0,635242	0,988335	1,175137	1,205577	1,12402	1,030388	0,981895	0,966012	0,938631	0,924386	0,911666	0,900608	0,894682	0,891142

550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700
0,903767	0,902247	0,90075	0,899971	0,900035	0,900614	0,900561	0,901049	0,901024	0,901695	0,902844	0,904412	0,904543	0,905774	0,908337	0,911628
0,903503	0,901875	0,900762	0,900131	0,900447	0,901059	0,901033	0,901597	0,902204	0,902375	0,903458	0,904925	0,904988	0,906181	0,908704	0,912405
0,899054	0,897958	0,896903	0,896342	0,896796	0,897489	0,897311	0,897962	0,898275	0,89901	0,900546	0,902093	0,902559	0,904196	0,906616	0,9103
0,900641	0,899463	0,89835	0,898082	0,898594	0,899337	0,899507	0,899981	0,900521	0,900829	0,902194	0,903575	0,9039	0,905345	0,907666	0,91112
0,898722	0,897859	0,897144	0,896935	0,897814	0,898839	0,899076	0,899703	0,900443	0,900922	0,902543	0,903699	0,90373	0,905305	0,907127	0,910612
0,896674	0,896033	0,895499	0,895602	0,896394	0,897881	0,898253	0,89923	0,899995	0,900423	0,901975	0,903367	0,903531	0,904903	0,907008	0,910233
0,894601	0,894294	0,893988	0,894308	0,895321	0,896592	0,89698	0,897987	0,898879	0,899499	0,900846	0,902461	0,902679	0,904136	0,906419	0,91006
0,890167	0,89003	0,889759	0,890266	0,891314	0,892534	0,893141	0,893988	0,894979	0,895858	0,897393	0,899375	0,89979	0,901508	0,904033	0,907531

Stállost v potu 40 °C															
Vlnová délka	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540
0,5 hod	0,233672	0,496402	0,923047	1,160325	1,213578	1,126843	1,010942	0,956771	0,939652	0,904877	0,885845	0,869889	0,856253	0,847008	0,841205
1 hod	0,245802	0,525388	0,978634	1,230639	1,286378	1,189489	1,058997	0,995815	0,974016	0,935103	0,913488	0,895776	0,880864	0,8703	0,86359
2 hod	0,240363	0,516332	0,97174	1,228864	1,28739	1,190535	1,060548	0,997591	0,975764	0,936437	0,915009	0,89743	0,882278	0,872005	0,865112
3 hod	0,248808	0,524867	0,974804	1,229461	1,285801	1,186969	1,057004	0,994312	0,972117	0,932972	0,911343	0,894097	0,87908	0,868503	0,861792
4 hod	0,244101	0,5219	0,976883	1,232063	1,287557	1,189082	1,05859	0,995374	0,973075	0,933941	0,912163	0,894347	0,879783	0,869334	0,862503
5 hod	0,255895	0,519433	0,952975	1,207676	1,264694	1,169143	1,043408	0,982288	0,960516	0,922574	0,901704	0,884354	0,86964	0,859207	0,852196

550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700
0,840318	0,841564	0,844196	0,846077	0,848345	0,849561	0,849597	0,850201	0,851044	0,852799	0,854425	0,856641	0,856553	0,860698	0,866499	0,871793
0,860937	0,859448	0,858457	0,857388	0,857986	0,858468	0,857989	0,858398	0,858936	0,860129	0,861992	0,863667	0,863042	0,866364	0,871435	0,876161
0,862069	0,86061	0,859666	0,858626	0,858981	0,859398	0,859002	0,859411	0,859986	0,86088	0,862633	0,864458	0,863458	0,866723	0,871575	0,8761
0,859233	0,857493	0,856867	0,855709	0,856036	0,856507	0,856257	0,856811	0,85735	0,858679	0,86011	0,861551	0,860853	0,864162	0,869208	0,873918
0,859759	0,857996	0,857137	0,856081	0,856058	0,855644	0,854813	0,855358	0,855762	0,856886	0,857791	0,856766	0,852826	0,855699	0,863866	0,871731
0,84909	0,847175	0,845959	0,844974	0,845301	0,846104	0,846264	0,847744	0,849116	0,851385	0,853975	0,856577	0,856843	0,860504	0,866001	0,87107

Stállost v potu 60 °C															
Vhnová délka	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540
0,5 hod	0,249546	0,516262	0,952021	1,204112	1,258044	1,159568	1,033688	0,972909	0,95092	0,91267	0,89138	0,873991	0,85963	0,849777	0,843752
1 hod	0,255127	0,532039	0,982423	1,241515	1,297946	1,194437	1,061922	0,99807	0,975141	0,93544	0,913428	0,895904	0,880818	0,870324	0,863271
2 hod	0,25528	0,517328	0,951916	1,20896	1,267385	1,171071	1,044117	0,98225	0,961042	0,923068	0,902218	0,885244	0,870828	0,86085	0,854293
3 hod	0,257678	0,528395	0,971482	1,230986	1,288954	1,189024	1,058227	0,994805	0,972228	0,932689	0,911213	0,893411	0,878301	0,867717	0,860828
4 hod	0,242801	0,522384	0,981808	1,240639	1,296366	1,196054	1,064212	1,000047	0,977619	0,937536	0,915757	0,897871	0,882548	0,871927	0,865014
5 hod	0,256024	0,520532	0,960589	1,220438	1,278718	1,179455	1,049202	0,986018	0,963495	0,923854	0,902197	0,88484	0,869692	0,859176	0,852565

550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700
0,842584	0,843274	0,845209	0,846181	0,847401	0,848415	0,848599	0,849328	0,850314	0,851989	0,853941	0,856277	0,856346	0,860422	0,866203	0,871233
0,860548	0,858585	0,857778	0,856759	0,856896	0,857334	0,857175	0,857842	0,858472	0,860022	0,861805	0,863862	0,863382	0,86644	0,871449	0,875533
0,851667	0,850119	0,849232	0,848344	0,848658	0,849057	0,849186	0,850103	0,851032	0,852493	0,85474	0,856817	0,856346	0,859937	0,865523	0,870004
0,85782	0,856135	0,854986	0,854005	0,854257	0,854768	0,854618	0,855163	0,856072	0,857686	0,859662	0,861703	0,860949	0,864581	0,869529	0,874449
0,86217	0,860338	0,859299	0,858225	0,858482	0,858938	0,858712	0,859004	0,859574	0,860775	0,862506	0,864253	0,862996	0,866267	0,871511	0,876006
0,849874	0,848236	0,847274	0,846159	0,846507	0,847074	0,847077	0,847725	0,848545	0,850128	0,85219	0,854313	0,85392	0,857496	0,862996	0,867612

Stállost na světle (40 °C)															
Vhnová délka	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540
1 h	0,330232	0,624194	0,987702	1,151466	1,175564	1,093001	0,998097	0,949616	0,93271	0,904166	0,889755	0,87649	0,865343	0,858378	0,85347
4 h	0,34759	0,637535	0,973965	1,117042	1,136396	1,062137	0,977138	0,933995	0,920198	0,895344	0,883258	0,871987	0,862626	0,856715	0,852867
6 h	0,350042	0,636813	0,968332	1,107737	1,126913	1,054275	0,971299	0,929654	0,915978	0,891897	0,88026	0,869272	0,860399	0,854985	0,85128
8 h	0,356187	0,639165	0,959637	1,092344	1,111119	1,041032	0,961081	0,921315	0,908956	0,88582	0,874877	0,864719	0,856451	0,851499	0,848326
24 h	0,387635	0,652212	0,924592	1,030606	1,047707	0,98964	0,925691	0,894552	0,885818	0,868394	0,861179	0,854401	0,849023	0,845827	0,844254
28 h	0,390785	0,654711	0,924854	1,030058	1,045795	0,988163	0,92461	0,893845	0,88523	0,868059	0,861238	0,854428	0,848949	0,846257	0,844649
32 h	0,389131	0,650185	0,921643	1,027917	1,045666	0,988643	0,925288	0,895175	0,886724	0,869434	0,862522	0,855923	0,850464	0,847724	0,846081

550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700
0,852359	0,851491	0,851785	0,851034	0,852019	0,852576	0,852549	0,853265	0,85382	0,85536	0,856902	0,858654	0,857458	0,860437	0,865868	0,8699
0,852335	0,852239	0,852612	0,852563	0,853782	0,854656	0,854794	0,855526	0,856197	0,857979	0,859421	0,861385	0,860545	0,86345	0,869029	0,873042
0,850749	0,850512	0,851275	0,851073	0,85236	0,853337	0,853554	0,854188	0,854948	0,856874	0,858327	0,86044	0,859719	0,862725	0,868279	0,872678
0,848112	0,847932	0,848558	0,848598	0,849774	0,850848	0,850956	0,851651	0,85242	0,854125	0,855604	0,857437	0,856531	0,859841	0,865427	0,869935
0,845072	0,84589	0,847308	0,847846	0,849689	0,850941	0,85136	0,852494	0,853514	0,855218	0,856883	0,859277	0,858796	0,861916	0,867618	0,871882
0,845377	0,846208	0,847503	0,847998	0,849651	0,850829	0,851399	0,852387	0,853321	0,855027	0,856608	0,858842	0,858152	0,861214	0,866926	0,870739
0,846927	0,847486	0,848966	0,849435	0,851307	0,852695	0,852953	0,854101	0,85499	0,856871	0,858081	0,860393	0,859707	0,862656	0,867998	0,87232

Stálost na světle (60 °C)															
Vlnová délka	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540
1 h	0,344471	0,639064	1,003009	1,169812	1,190926	1,103108	1,00519	0,954641	0,936292	0,906424	0,891316	0,877641	0,866058	0,858858	0,853613
4 h	0,350591	0,641829	0,990653	1,144674	1,164811	1,082508	0,990887	0,944726	0,928902	0,901528	0,888047	0,875901	0,865791	0,859331	0,855191
6 h	0,350905	0,643725	0,991706	1,144192	1,162941	1,080273	0,989167	0,9432	0,927303	0,900373	0,887511	0,875519	0,865582	0,859247	0,855078
8 h	0,350938	0,63858	0,978182	1,123702	1,142544	1,063528	0,976485	0,93262	0,917672	0,891947	0,879441	0,868199	0,858587	0,853083	0,849154
24 h	0,390191	0,660606	0,946857	1,060742	1,076542	1,01112	0,939804	0,904989	0,894479	0,87511	0,866366	0,858218	0,851826	0,848181	0,845918
28 h	0,385171	0,653899	0,940485	1,054292	1,070448	1,00558	0,934858	0,900346	0,890067	0,870558	0,862098	0,854371	0,847711	0,844196	0,84189
32 h	0,393701	0,655762	0,93444	1,047796	1,064951	1,002769	0,934532	0,901479	0,891487	0,872925	0,865174	0,857772	0,851683	0,848338	0,84626

550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700
0,852044	0,85119	0,851023	0,850062	0,851053	0,851605	0,851399	0,851856	0,852527	0,854017	0,855283	0,857628	0,857234	0,860743	0,866516	0,870689
0,854109	0,853746	0,853661	0,853241	0,854058	0,854743	0,854504	0,855205	0,855723	0,857453	0,858456	0,860371	0,85949	0,862456	0,868163	0,872075
0,854291	0,853922	0,854207	0,853935	0,854901	0,855914	0,855782	0,85638	0,857128	0,858784	0,859925	0,862093	0,861414	0,864078	0,869388	0,873289
0,848311	0,848103	0,848548	0,848237	0,849515	0,850259	0,850554	0,851385	0,851889	0,853714	0,855042	0,857354	0,857045	0,860368	0,866095	0,870454
0,846348	0,846973	0,848076	0,848271	0,849602	0,850809	0,851127	0,85209	0,853048	0,854425	0,855957	0,857953	0,857209	0,860141	0,865659	0,869712
0,842428	0,842982	0,843991	0,844454	0,845984	0,84733	0,847511	0,848319	0,849209	0,850886	0,852572	0,854753	0,853923	0,857112	0,862424	0,866414
0,847004	0,847394	0,84862	0,848879	0,850513	0,851673	0,852037	0,853021	0,853644	0,855736	0,857039	0,859103	0,858622	0,861561	0,866997	0,870417

PŘÍLOHA 3 – STUPEŇ BĚLOSTI TEXTILIE W_{CIE} MĚŘENÝ PŘÍSTROJEM DATACOLOR

Kinetika sorpce při 40 °C	Stupeň běli W _{CIE}
0 min	67,6
5 min	91,31
10 min	92,58
20 min	110,84
30 min	101,56
60 min	104,56

Kinetika sorpce při 60 °C	Stupeň běli W _{CIE}
0 min	67,6
5 min	92,2
10 min	108,16
20 min	118,35
30 min	128,13
60 min	128,44

Počet pracích cyklů při 40 °C	Stupeň běli W _{CIE}
0	67,6
1	111,81
2	123,17
3	126,55
4	128,57
5	132,78
10	135,3
15	138
20	144,32

Počet pracích cyklů při 60 °C	Stupeň běli W _{CIE}
0	67,6
1	102,53
2	112,04
3	121,8
4	130,02
5	134,71
10	140,36
15	144,1
20	146,47

Sorpce a desorpce opticky zjasňujícího prostředku vláknennými strukturami

Počet pracích cyklů desorbce při 40 °C	Stupeň běli Wcie
0	144,32
1	144,66
2	144,64
3	143,99
4	143,71
5	144,07
10	140,21
15	137,69
20	136,81

Počet pracích cyklů desorbce při 60 °C	Stupeň běli Wcie
0	146,47
1	146,88
2	146,64
3	144,52
4	144,01
5	141,81
10	138,6
15	138,87
20	136,41

Doba vzorku v potu (20 krát praného s OZP při 40 °C)	Stupeň běli Wcie
0	144,32
0,5	141,1
1	151,42
2	151,15
3	151,36
4	151,74
5	149,34

Doba vzorku v potu (20 krát praného s OZP při 60 °C)	Stupeň běli Wcie
0	146,47
0,5	148,3
1	152,93
2	149,1
3	151,95
4	152,69
5	151,31

Bavlněná doprovodná tkanina (u vzorků při 40 °C)	Stupeň běli Wcie
0,5	68,64
1	76,12
2	76,43
3	78,95
4	81,97
5	80,37

Vlněná doprovodná tkanina (u vzorků při 40 °C)	Stupeň běli Wcie
0,5	8,47
1	9,06
2	8,81
3	7,96
4	9,91
5	7,76

Bavlněná doprovodná tkanina (u vzorků při 60 °C)	Stupeň běli Wcie
0,5	69,74
1	75,61
2	77,9
3	77,67
4	81,05
5	81,38

Vlněná doprovodná tkanina (u vzorků při 60 °C)	Stupeň běli Wcie
0,5	9,61
1	9,53
2	9,7
3	9,93
4	9,09
5	8,31

Stálost na světle (vzorky prané s OZP při 40 °C)	Stupeň běli Wcie
0	144,32
1	137,21
4	130,8
6	129,37
8	126,98
24	115,96
28	115,67
32	115,31

Stálost na světle (vzorky prané s OZP při 60 °C)	Stupeň běli Wcie
0	146,47
1	140,06
4	135,3
6	134,87
8	132,2
24	121,11
28	120,42
32	118,82